

Ciencia y Técnica



13

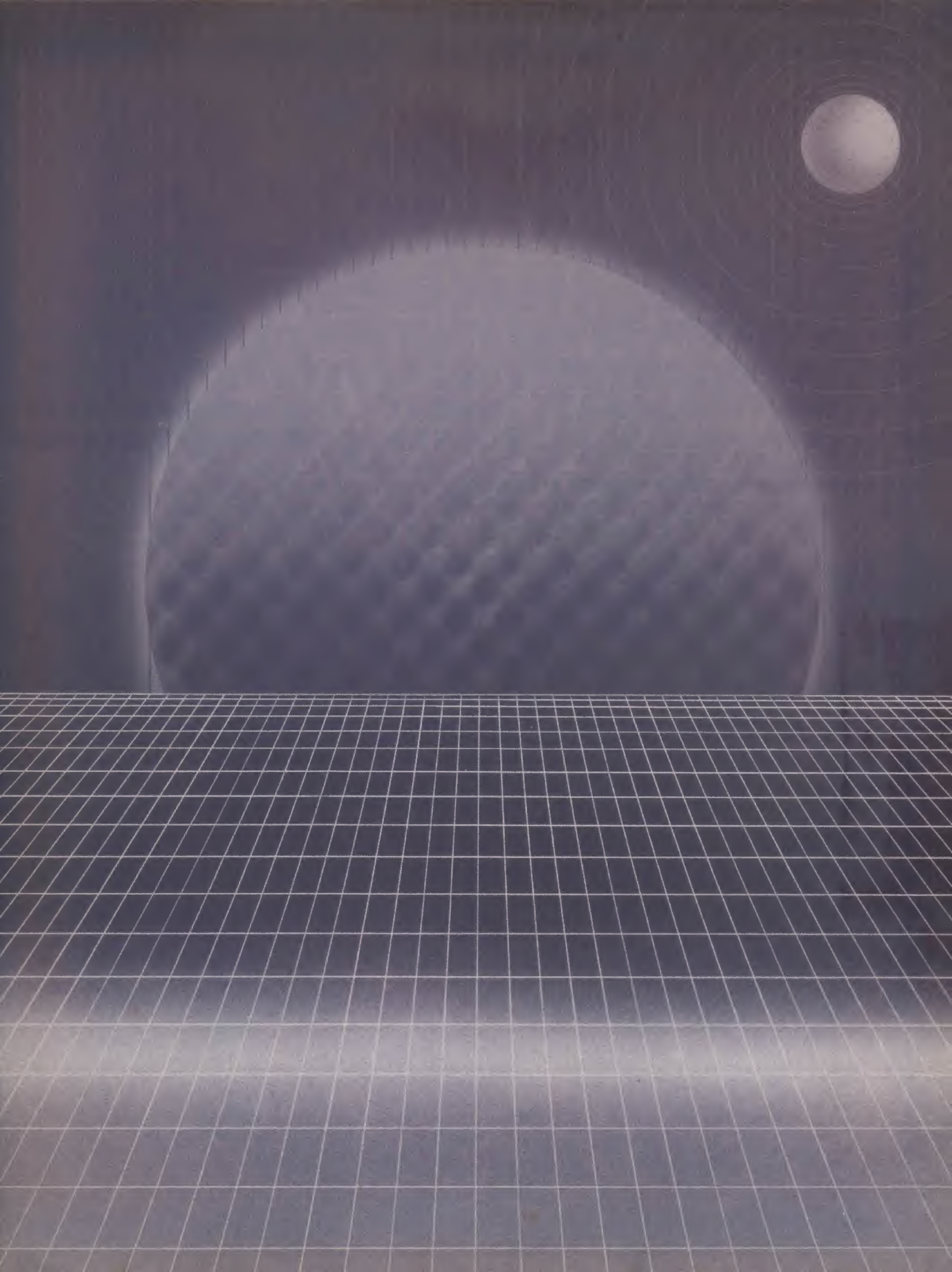
300  
FUSION  
REACTOR

VALVAT











EXLIBRIS Scan Digit



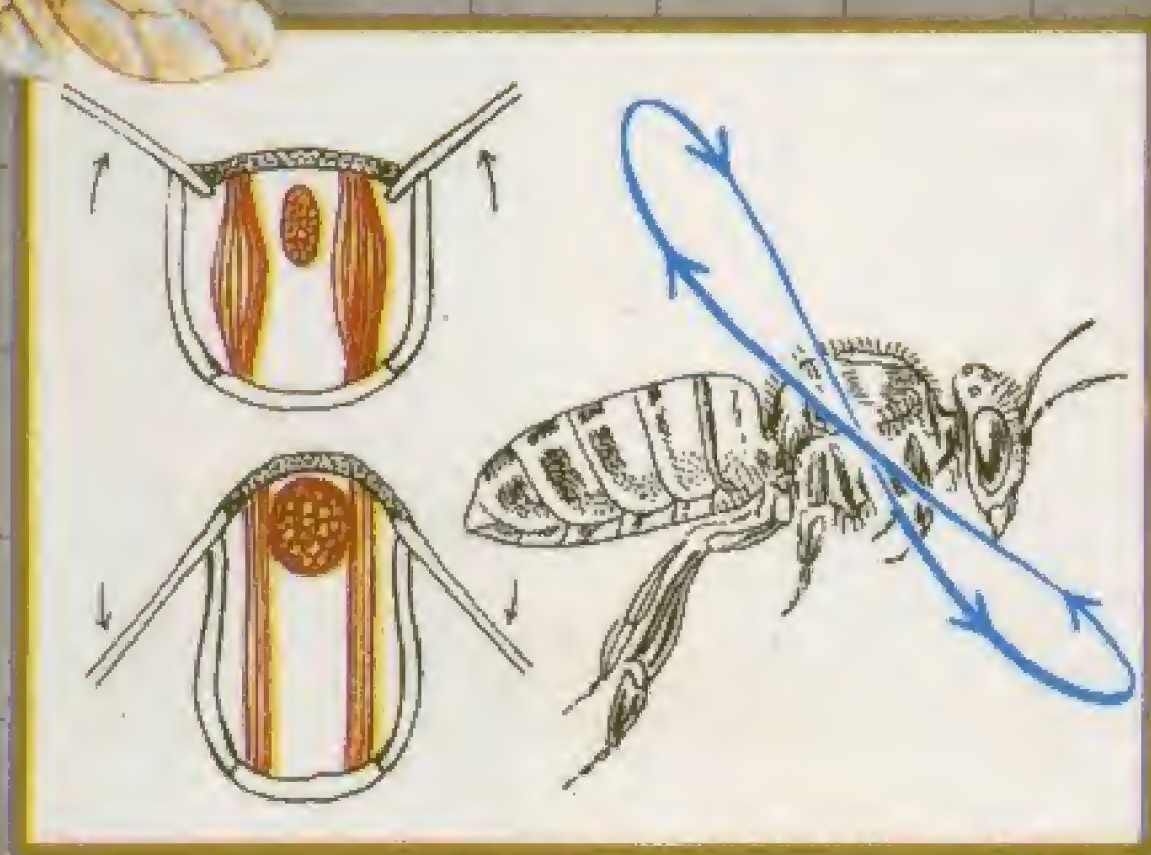
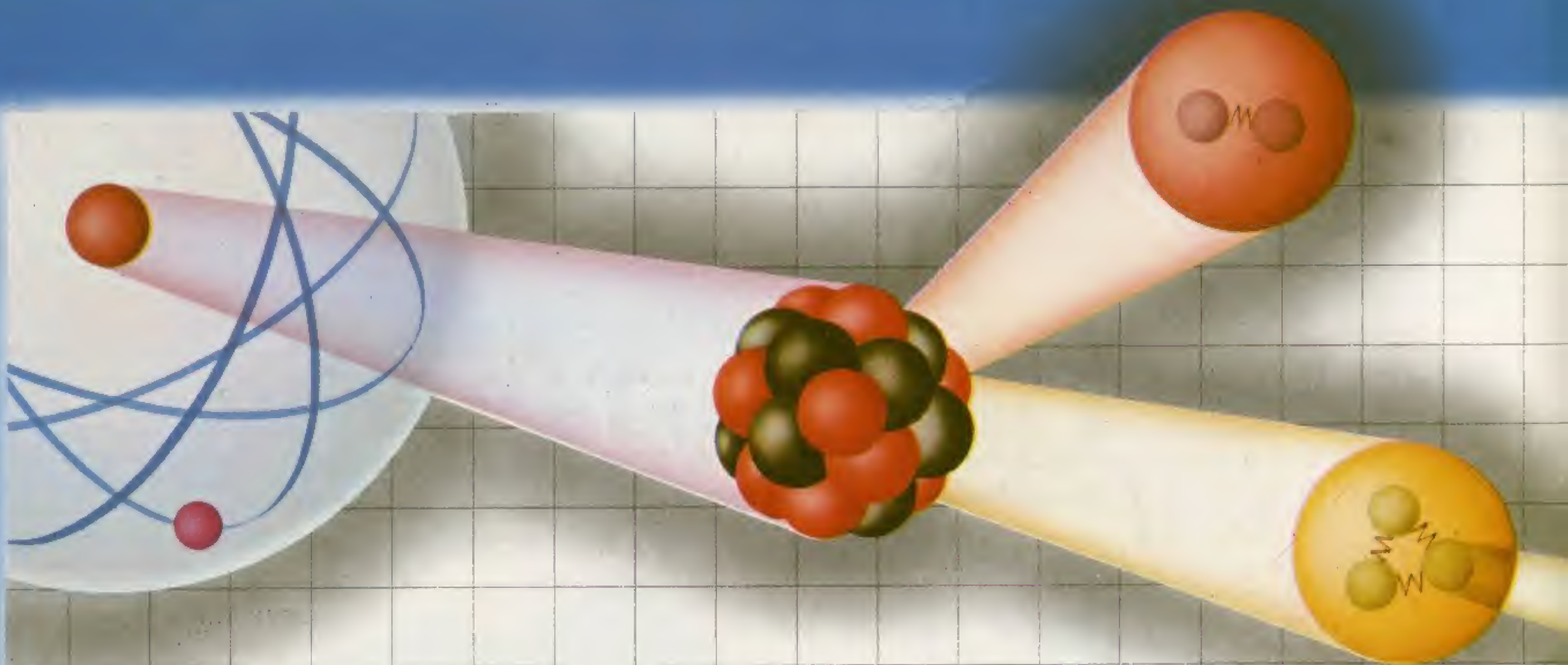
The Doctor



ENCICLOPEDIA SALVAT DE

# **Ciencia y Técnica**





Publicado por  
SALVAT EDITORES, S.A.  
Mallorca, 47, 08029 Barcelona, España

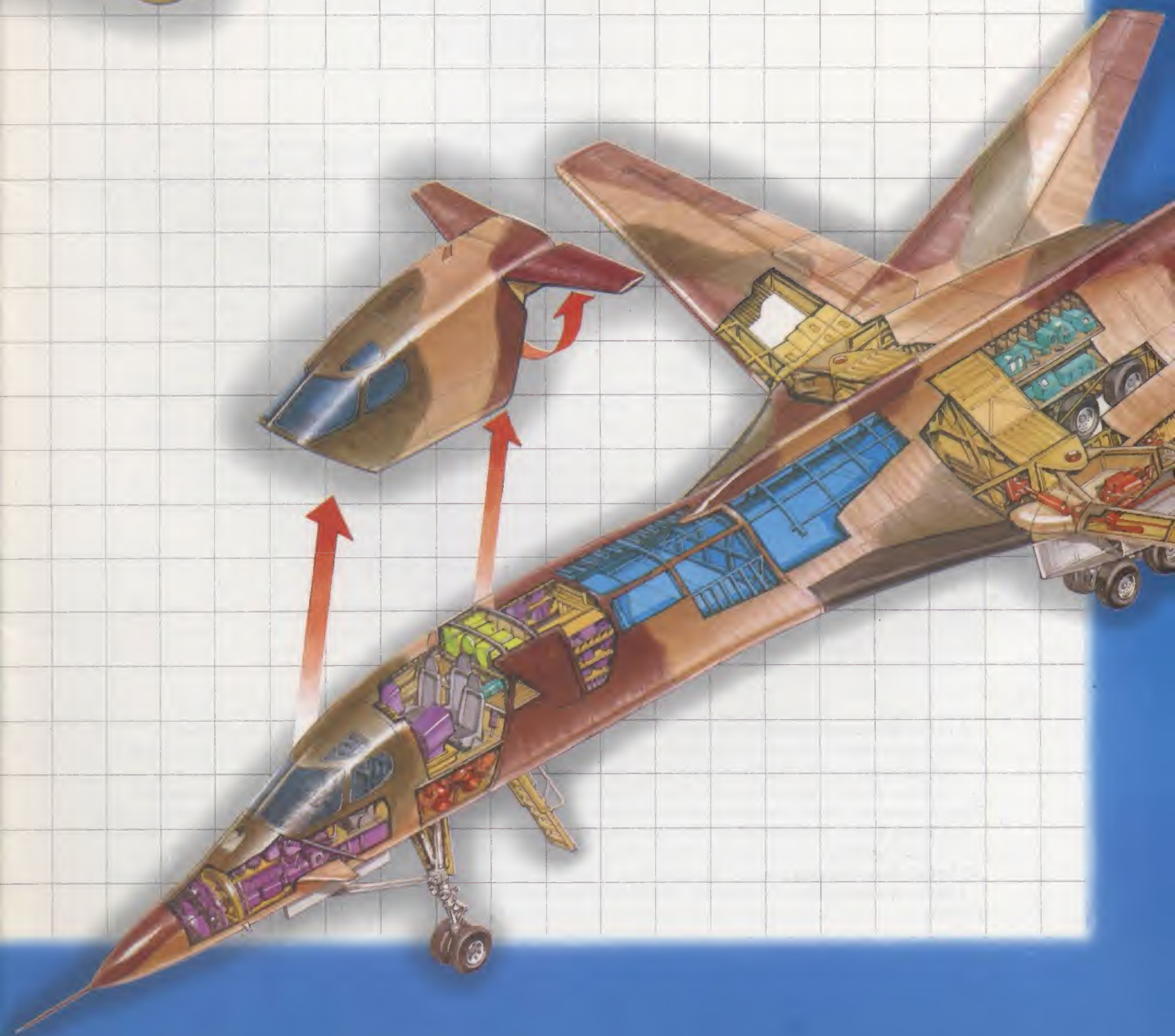
© Salvat Editores, S.A. 1988  
© Gruppo Editoriale Fabbri

Impresión:  
Gráficas Estella, S.A.  
Estella, Navarra, 1988  
Depósito Legal: NA. 125 - 1984  
ISBN 84-345-4490-3 (Obra completa)  
ISBN 84-345-4502-0 (Volumen 12)  
Printed in Spain



ENCICLOPEDIA SALVAT DE

# Ciencia y Técnica





**Director**  
Juan Salvat

**Director de la obra:**  
Jesús Campos

**Secretaría de redacción**  
Concepción Camarero

**Director artístico**  
Francesc Espluga

**Redacción**  
María Teresa M. Faraldo

**Producción**  
Leonor Murillo

**Prólogo**  
Pedro Laín Entralgo,  
*Presidente de la Real Academia Española de la Lengua*



**Redacción Edición Internacional**

Christian Angermann – Donald Antrim – Timothy Bay – Trudy Bell – Shelley Berc – David Black –  
Diane Blanchard – Bonnie Borenstein – Judith Brister – Jean Brody – Serena Cha – Robert Crease – Peter  
Cunningham – Dr. Rhodes Fairbridge – Marguerite Feitlwitz – Corinna Gardner – Barbara George –  
Ellen Goldensohn – Jean Grasso – Fitz Patrick – Peter Gyallay-Pap – Steve Hall – James Harris –  
Doug Henwood – David Herndon – Paul Hoeffel – Andrea Kantor – Jonathan Katz – Jim Keegan – Philippa Keil  
– Percy Knauth – Bary Koffler – Barbara Kopit – Paulette Licitra – Becky London – Deborah Lumpee –  
Charles Mann – Robert MacVicar – Dale McAdoo – Fred Nadis – Joy Nager – Peter Oberlink –  
Robert Salter – Sandra Sharp – George Shea – Howard Smith – Zev Trachtenberg – Vieri Tucci – Edit Emili  
Villareal – Veronica Visser – Graham Yost – Sasha Zeif



**Colaboradores científicos de este volumen edición española:**

Manuel Abejón, *Universidad Politécnica de Madrid*  
Pablo Artal, *Instituto «Daza de Valdés» del C.S.I.C.*  
Alberto Brito, *Universidad de La Laguna*  
Javier Cacho, *Comisión Nacional de Investigación del Espacio*  
Mercedes Campos, *Universidad de La Laguna*  
César Casquet, *Universidad Complutense*  
Victor Casquet, *Licenciado en Astrofísica*  
Juan José Díez, *Universidad Complutense*  
Sebastián Dormido, *Universidad Nacional de Educación a Distancia*  
Isabel Espinel, *Licenciada en Ciencias Biológicas*  
Manuel Gil, *Comisión Nacional de Investigación del Espacio*  
Idefonso Irún, *Licenciado en Ciencias Físicas*  
José M. López Piñero, *Universidad de Valencia*  
Pedro L. Martín, *Ingeniero de Caminos*  
Juan Ramón Medina, *Universidad de Sevilla*  
Ignacio Meléndez, *Universidad Complutense*  
Francisco Montero de Espinosa, *Instituto «L. Torres Quevedo» del C.S.I.C.*  
José Morán, *Universidad Politécnica de Madrid*  
Germiniano Ontañón, *Licenciado en Ciencias Químicas*  
Gerardo Pastor, *Instituto «L. Torres Quevedo» del C.S.I.C.*  
Francisco J. Quiles, *Médico*  
Germán Rodríguez Corral, *Instituto «L. Torres Quevedo» del C.S.I.C.*  
M.<sup>a</sup> Jesús Sainz de Aja, *Comisión Nacional de Investigación del Espacio*  
Rafael Sanjurjo, *Universidad Politécnica de Madrid*  
Magna Santos, *Instituto «Daza de Valdés» del C.S.I.C.*  
Pedro T. Sanz, *Instituto «L. Torres Quevedo» del C.S.I.C.*  
Eduardo Zamarripa, *Piloto*

**Consejo de Redacción**

Dr. Andrew Abrahams - *Bedford Stuyvescent Hospital, N. Y.* — Nancy Akre - *Cooper-Hewitt Museum, N. Y.*  
— Dr. Neil Baggett - *Brookhaven National Laboratory, N. Y.* — Dr. Thomas J. Barnard - *Columbia Presbyterian Hospital, N. Y.* — William Bates - *Computer consultant, N. Y.* — Terry Belanger - *Columbia University, N. Y.* — Roberto Brambilla - *Institute for Environmental Action, N. Y.* — Oscar A. Campa - *American Institute of Aeronautics and Astronautics, N. Y.* — Dr. A.L. Carsten - *Brookhaven National Laboratory, N. Y.* — Dr. Lars Cederqvist - *Gynecologist, N. Y.* — Carroll Cline - *Lighting consultant, N. Y.* — Dr. Paul Comer - *Anaesthesiologist, Montana* — John Dalton - *Modelworks, Inc, N. Y.* — David Devaleria - *Columbia University, N. Y.* — Ken Distler - *Ademco, Long Island, N. Y.* — Dr. Janice Dodds - *Columbia University, N. Y.* — David Dooling - *Huntsville Times, Huntsville, Alabama* — Lt. Robert Donovan - *U.S. Navy, N. Y.* — Prof. Patricia Dudley - *Barnard College, N. Y.* — Dr. Rene Eastin - *Long Island University, N. Y.* — Prof. Rhodes Fairbridge - *Columbia University, N. Y.* — Dr. Gerald Feinberg - *Columbia University, N. Y.* — Robert Feitlowitz - *Textiles consultant, N. Y.* — Leonard Feldman - *Leonard Feldman Electronic Lab, N. Y.* — John Fitch - *Automobile consultant, N. Y.* — Dr. Richard Fitzpatrick - *Bell Laboratories, N. Y.* — Dr. Robert Fried - *Psychiatrist, N. Y.* — Sara Friedman - *Author, N. Y.* — Dr. Michael Garvey - *Animal Medical Center, N. Y.* — Prof. Allan Gilbert - *Columbia University, N. Y.* — Dr. John Gmeiner - *Nebraska Psychiatric Institute, Nebraska* — Eugene Grisanti - *International Flavors and Fragrances Inc, N. Y.* — Annabelle Harris - *International Paper, N. Y.* — Kevin Hayes - *Typesetter, N. Y.* — Norman Hollyn - *Film editor, N. Y.* — Dr. Jonathan House - *Doctor, N. Y.* — Dr. Elizabeth Kellner - *Nutritionist, N. Y.* — Prof. Ellis Kolchin - *Columbia University, N. Y.* — Prof. Martin Kramer - *City College of New York, N. Y.* — T. Kuroiwa - *Japan Smoking Articles Corporated Assoc., Tokyo* — Prof. Charles Larmore - *Columbia University, N. Y.* — Dr. Warren Levin - *World Health Medical Grova, N. Y.* — Janet Loughridge - *American Health Foundation, N. Y.* — Dr. William Love - *Brookhaven National Laboratory, N. Y.* — Dr. John Maisey - *American Museum of Natural History, N. Y.* — Alan Macher - *Information Systems Group, N. Y.* — Dr. James Macpherson - *Engineering consultant, Virginia* — Eli Martin - *Architect, N. Y.* — Derrick McDowell - *Science consultant, N. Y.* — Elvin McDonald - *Author, N. Y.* — Dr. Kenneth Meisler - *Preventive and Sports Medical Center, N. Y.* — Jim Marchese - *Photographer, N. Y.* — Dr. Judith Molnar - *Biologist, N. Y.* — Dr. Peri Namerov - *Center for Population and Family Health, N. Y.* — Lt. Joseph Nimmich - *U.S. Coast Guard, N. Y.* — Dr. Ruth Nussenzweig - *NYU Medical Center, N. Y.* — Dom Perciballi - *Emergency medical technician, N. Y.* — Felix Peruggi - *Fireworks by Grucci, N. Y.* — Alice Petropoulos - *National Council on Alcoholism, N. Y.* — Prof. James Polshek - *Columbia University, N. Y.* — David Pope - *Editor consultant, Connecticut* — Walter Reed - *National Automatic Merchandising Association, Illinois* — Dr. Ronald Rieder - *Psychiatrist, N. Y.* — Robert Robertson - *Oceaneering, Inc, Texas* — James Rosenthal - *Magnet Paint and Varnish, N. Y.* — Joe Scherer - *Cinema Interface, N. Y.* — Dr. Ralph Shutt - *Brookhaven National Laboratory, N. Y.* — Prof. Philip Smith - *Columbia University, N. Y.* — Betty Sprigg - *Pentagon, Washington, D. C.* — Timothy Steinhoff - *Gardening consultant, N. Y.* — D. William Strohmeier - *Ad Astra Communications, Connecticut* — Dr. Joseph Thach - *Pentagon, Washington, D. C.* — Peter Tischbein - *U.S. Army Corps of Engineers, N. Y.* — Joe Trammell - *NAVASYNC Sound, N. Y.* — Debbie Triantaphyllou - *MITER Inc.* — K.C. Tung - *American Institute of Aeronautics and Astronautics, N. Y.* — Prof. David Tyler - *Columbia University, N. Y.* — James Walkup - *New School for Social Research, N. Y.* — Walter Washko - *University of Connecticut, Connecticut* — Aura Weinstein - *American Institute of Aeronautics and Astronautics, N. Y.* — Lilian Yung - *Columbia University, N. Y.* —



# Sol

**L**a vida en nuestro planeta depende completamente del Sol. Las plantas sintetizan las sustancias nutritivas mediante el proceso de la fotosíntesis, y, a su vez, todas las formas de vida animal basan su alimentación en las plantas o, en ciertos casos, a partir de otros animales que sobreviven a expensas del reino vegetal.

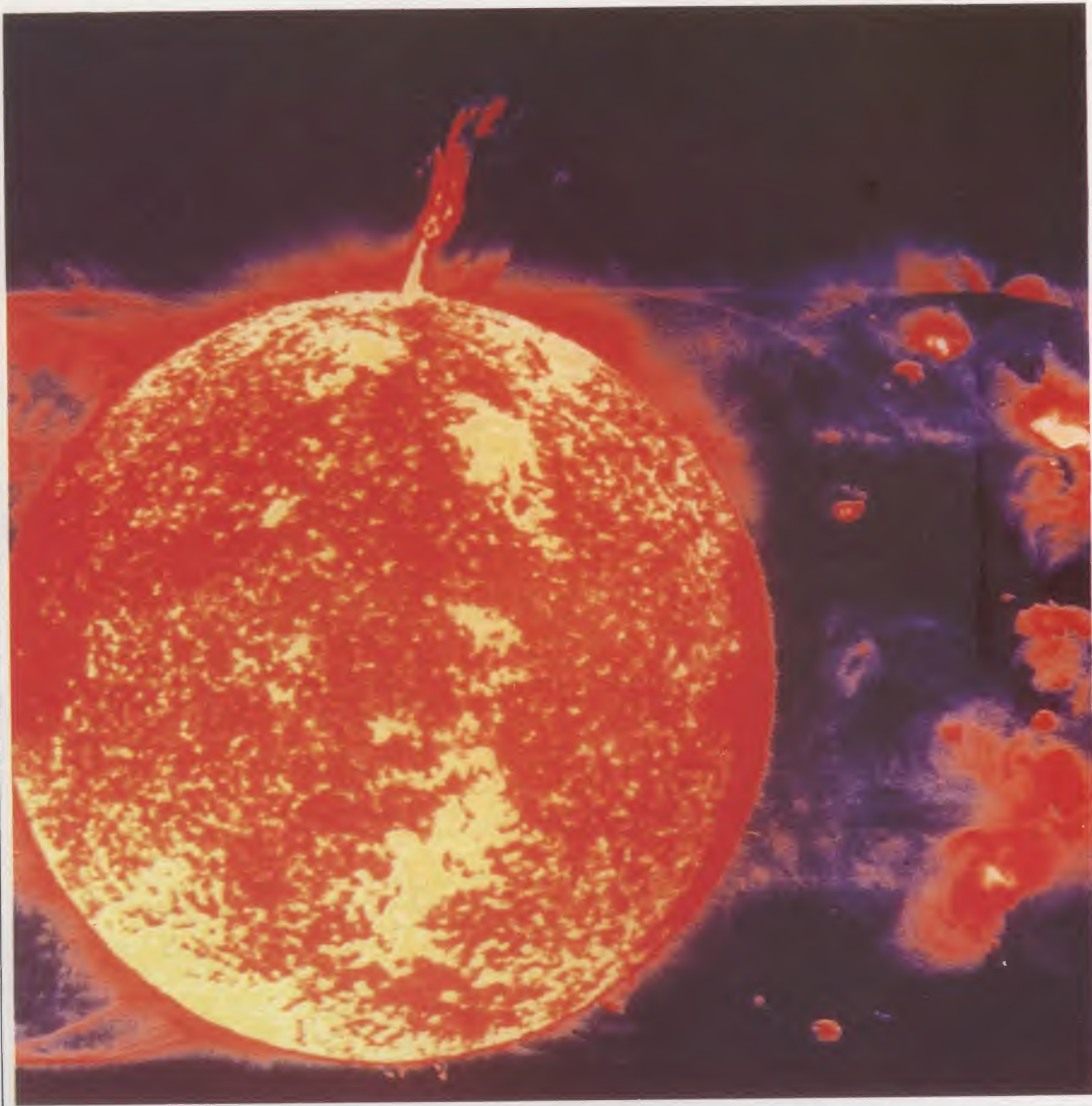
El hombre, al igual que la mayor parte de los organismos vivos, depende de la luz y del calor que el Sol le proporciona.

**El horno solar** El Sol es una estrella de dimensiones medias que, como todas las estrellas, está constituida fundamentalmente por hidrógeno, y que irradia enor-

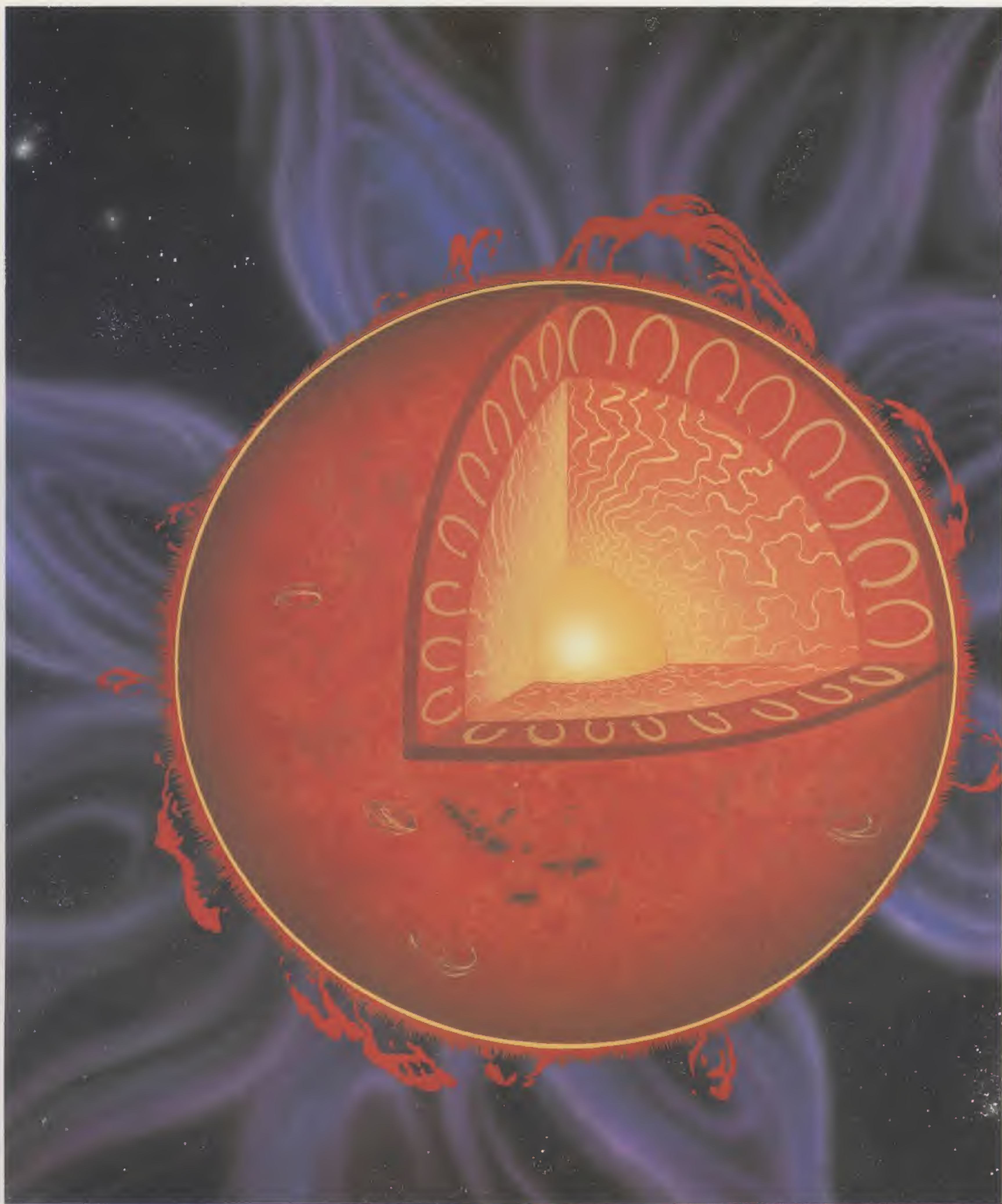
mes cantidades de energía procedentes de las reacciones nucleares que tienen lugar en su interior. La presión en el núcleo, del orden de 1 billón de veces superior a la de la atmósfera terrestre, comprime los átomos de hidrógeno del núcleo estelar, dando lugar a temperaturas de casi 15 millones de grados Kelvin. Sometidos a tales presiones y temperaturas, los átomos de hidrógeno se fusionan, liberando en este proceso grandes cantidades de energía, parte de la cual llega a la Tierra bajo muy diversas formas, como el calor. Las reacciones de fusión termonuclear comenzaron, aproximadamente, hace 4.600 millones de años y, en opinión de los científi-

cos, seguirán produciéndose durante los próximos 5.000 millones de años, que se piensa le quedan de vida a nuestro astro.

**Estructura del Sol** Además del hidrógeno y del helio, se cree que el Sol contiene otros 63 elementos y 11 compuestos químicos, algunos de los cuales no han sido aún detectados. Si no fuese por la fuerza de gravedad que equilibra el sistema, la enorme cantidad de radiación generada daría lugar a una continua dilatación del Sol. Es el equilibrio entre estas dos grandes fuerzas, la gravitatoria y la de radiación, lo que mantiene al Sol en su actual estado estacionario, evitando las brus-







Una cadena de reacciones de fusión termonuclear es responsable de la enorme y continua emisión de energía liberada por el Sol. En

la página anterior, el Sol aparece en una fase de marcada actividad. Los núcleos de hidrógeno se transforman en núcleos de helio. Durante este proceso

se liberan neutrinos con una energía no muy elevada. Simultáneamente, un número muy reducido (0,02 por ciento) de átomos de boro 7 se

transforma, dando lugar a una liberación de neutrinos altamente energéticos, y, por lo tanto, fácilmente capturables. Arriba, corte seccional del Sol,

según el cual nuestra estrella aparece como un enorme horno atómico. Procedente del núcleo central, la energía alcanza los distintos estratos

convectivos, a partir de los cuales surgen las ondas de choque encargadas de transportar la energía hacia la cromosfera y la corona.

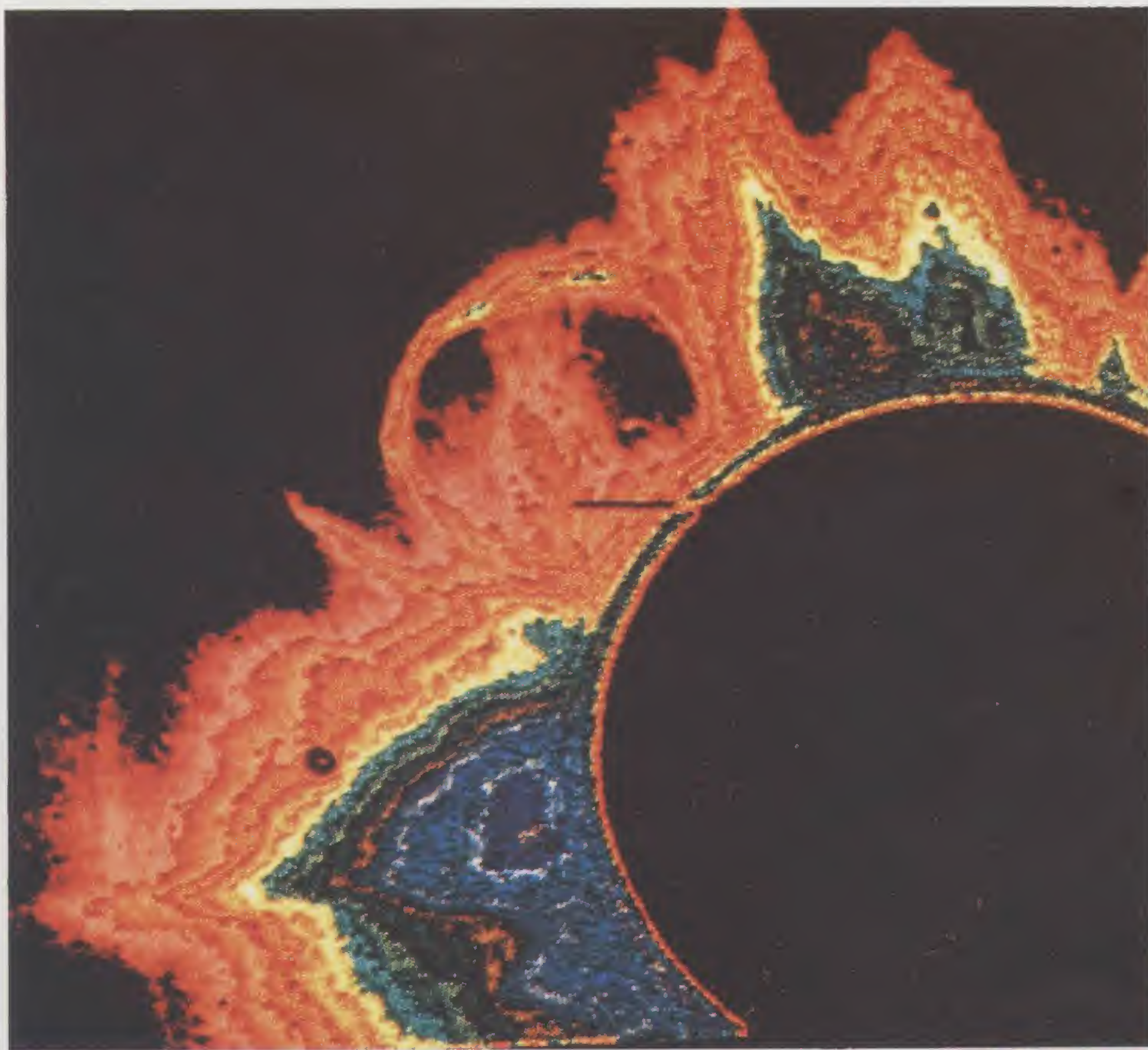


cas contracciones y dilataciones, y asegurando la continuidad de los procesos de fusión que tienen lugar en su interior. La superficie del Sol o *fotosfera*, observada con un telescopio, presenta el aspecto de una gran caldera, con la elevación de

comenzar el ciclo, cuando el número de manchas es pequeño, aparecen en las latitudes altas, es decir, en la proximidad de los polos, y, a medida que el número aumenta, se van desplazando hacia las latitudes más bajas, en las proximidades del

na se encuentra en estado de ionización, es decir, los electrones de los átomos están desligados de los núcleos.

**Dimensiones del Sol** El Sol tiene un diámetro de 1.392.000 km, es decir, apro-



A la izquierda de estas líneas se muestra una imagen electrónica de la corona solar, construida a partir de los datos suministrados por el satélite de observación solar *Maximum Mission*. Los diferentes colores corresponden a las distintas densidades del gas. También el *Skylab* ha permitido mejorar y ampliar nuestras observaciones del Sol. Bajo estas líneas, otra imagen de la corona solar, únicamente visible durante los eclipses totales.

grandes masas de gas caliente y el descenso de las de gas frío, que dan lugar a la formación de grandes remolinos y surgentes.

La temperatura de la superficie puede oscilar entre los 4.000 °C y los 10.000 °C. Sobre esta superficie se suceden, de forma imprevisible, tormentas magnéticas de gran intensidad, responsables de las enormes erupciones de gas y material estelar que, como grandes lenguas de fuego, pueden alcanzar miles de kilómetros de altura. Las fuertes tormentas magnéticas están frecuentemente asociadas a la aparición de manchas solares, es decir, áreas gigantes de la superficie solar, de 500 a 80.000 km de diámetro, y más oscuras que las regiones vecinas. En realidad no son oscuras, sino que aparecen así por efecto de contraste con el fortísimo brillo de la fotosfera. Si pudiéramos contemplarlas aisladamente, comprobaríamos que tienen un acusado color rojo. Se presentan de forma cíclica, con intervalos de 11-12 años; al

ecuador. Sobre la fotosfera se encuentra una zona, llamada *capa inversora*, donde se forma el *espectro solar de Fraunhofer*, integrado por las líneas de absorción que constituyen el espectro de los átomos y moléculas, y cuyo análisis revela la composición química del Sol. Exactamente encima de la capa inversora se extiende un estrato de gas de casi 16.000 km de espesor, llamado *cromosfera*. A veces, sobre todo durante los eclipses solares totales, es posible observarla a simple vista, aunque se requiere algún filtro o cristal ahumado para proteger los ojos. También son observables las protuberancias gaseosas que se elevan hasta alturas de 32.000 km y que sobrepasan, incluso, los límites de la cromosfera. Alrededor del Sol, a modo de envoltura exterior, se extiende la *corona*, una gran nube de gas a alta temperatura, aunque mucho menos caliente y, aproximadamente, un millón de veces menos luminosa que la superficie solar. La mayor parte del gas contenido en la coro-





ximadamente, 109 veces superior al de la Tierra. Su volumen supera en un millón de veces el de la Tierra, mientras que su masa es sólo 300.000 veces mayor, lo que indica que su densidad es mucho menor (el Sol es 1,41 veces más denso que el agua).

Eso se debe a que el Sol se encuentra constituido, esencialmente, por elementos ligeros, como el hidrógeno y el helio, mientras que en la constitución de la Tierra predominan los elementos más pesados, como el hierro, que forman el núcleo central. La distancia media entre el Sol y nuestro planeta es de 149 millones de kilómetros.

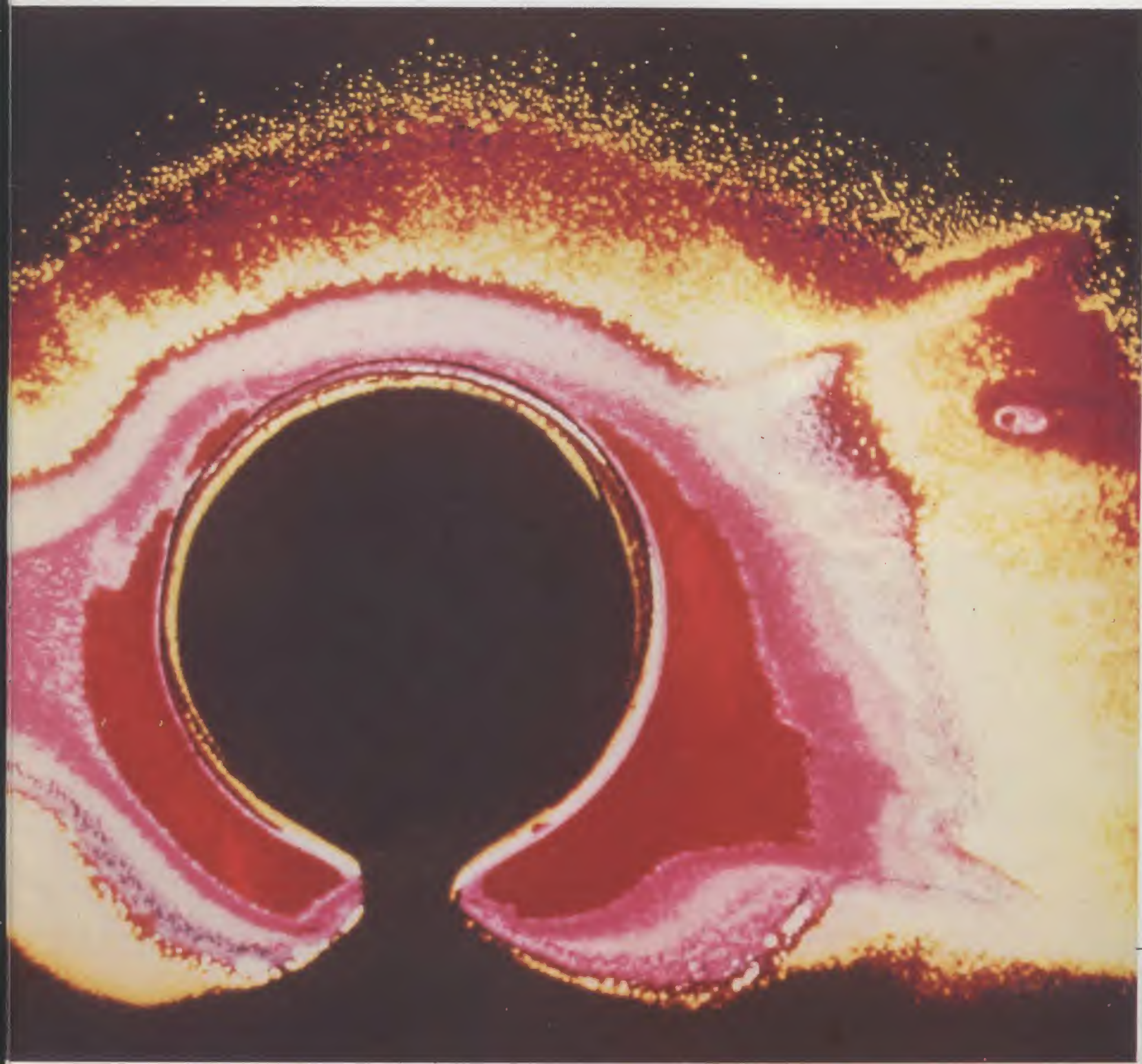
**Futuro del Sol** La vida del Sol, lo mismo que la de las demás estrellas, transcurre según unas determinadas fases o ciclos. Las estrellas son cuerpos que se forman lentamente, se transforman según unos procesos, más o menos pacíficos, de combustión, y, finalmente, mueren, en el

sentido termodinámico de la palabra. Las más grandes, es decir, aquellas que disponen de una elevada cantidad de hidrógeno, se queman más rápidamente. Son también las más calientes y su vida puede durar sólo diez millones de años. Las estrellas más pequeñas, sin embargo, se queman con mayor lentitud, hasta el punto de que, en ciertos casos, su vida puede extenderse durante incluso un billón de años.

Al ser una estrella de tamaño medio, con una edad de 4.500 millones de años, es de suponer que el Sol mantendrá su actividad vital, muy probablemente, durante otros 5.000 millones de años. Su muerte térmica tendrá lugar cuando finalice la cadena de reacciones de fusión termonuclear, es decir, cuando todo el hidrógeno del que disponía la estrella en el momento de su formación se haya transformado, mediante reacciones consecutivas de fusión nuclear, en elementos más pesados. En este punto de su evolución, el Sol ex-

perimentará una enorme expansión, inundando de luz todo el cielo visible. El aumento de temperatura será tan elevado que el agua de los mares y de los océanos terrestres entrará en ebullición. En el instante de su máxima expansión, los gases y partículas de su atmósfera se extenderán más allá de la órbita de Mercurio. Posteriormente, en un lento y progresivo proceso, iniciará su contracción, que lo conducirá a un estado de estabilización a medida que agote los últimos residuos de combustible nuclear y los transforme en elementos metálicos más pesados. Esta última fase se prolongará a lo largo de varios cientos de millones de años hasta que, tras sufrir períodos de inestabilidad estructural, el astro se enfríe y se instale en un estado final de materia fría y térmicamente muerta. El astro rey, el Sol, ya no volverá a brillar nunca más.

Véase **Astronomía; Energía solar; Estrella; Planetas; Sistema solar**



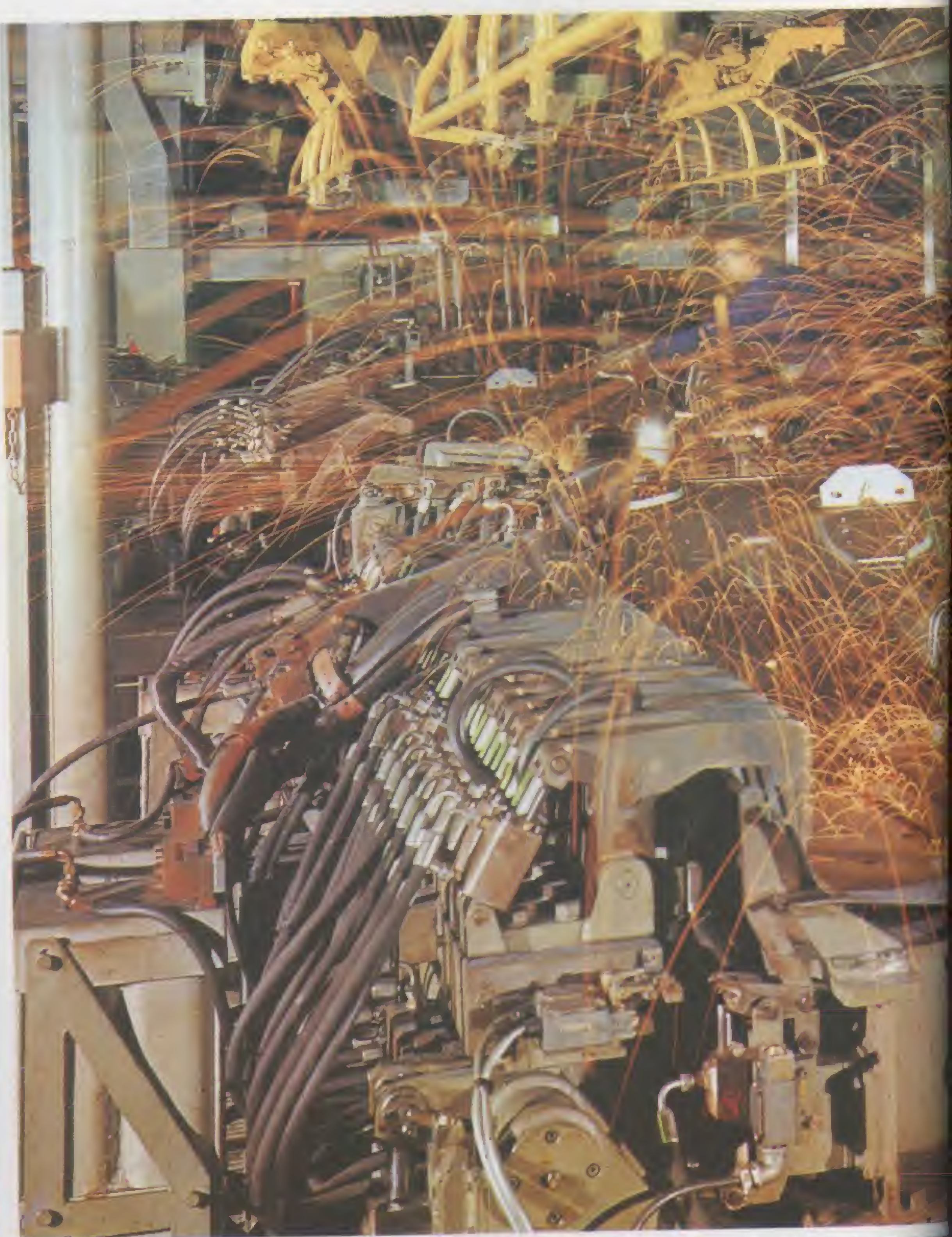
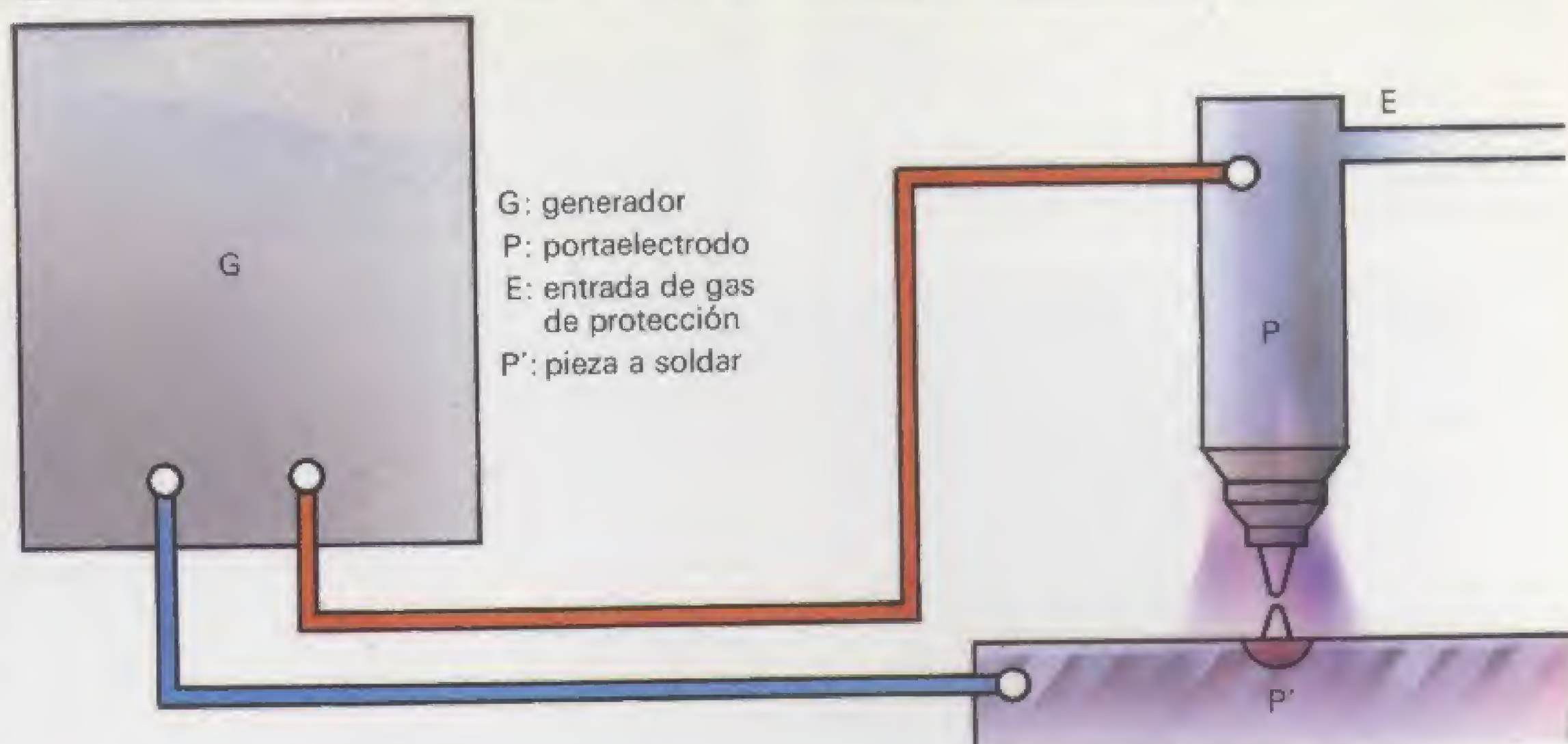


# Soldadura

Cuando se quieren unir dos o más piezas de metal se puede recurrir al atornillado, al remachado, al pegado o a la soldadura. De estos cuatro procedimientos, probablemente sea el último el más práctico, económico y duradero, sobre todo debido al hecho de que la unión tiene lugar por la fusión de los materiales a unir en la zona de contacto y alrededor de ella. En la mayoría de los casos es necesario añadir un metal de relleno, que es el que constituye realmente la soldadura, mejorando su resistencia. Para que se produzca la fusión es imprescindible la presencia de un generador de calor, aunque existen también soldaduras en las que se utiliza, por ejemplo, presión en vez de fusión, u otras en las que tienen lugar ambos fenómenos físicos.

**Soldadura eléctrica** Existen dos procedimientos fundamentales de soldadura: la eléctrica y la de gas. La primera se suele obtener aplicando una diferencia de potencial capaz de generar un intenso arco voltaico entre dos electrodos; uno permanece continuamente unido a la pinza de soldar, mientras que el segundo se sujeta a la pieza que se está soldando. El primer electrodo suele estar conectado al polo negativo, o cátodo, por lo que los electrones se desplazan hacia la pieza a la que está unido el polo positivo, o ánodo. En el arco se crean cantidades considerables de calor y elevadas temperaturas (3.500 a 3.900 °C) y la mayor parte de ese calor se desprende en el polo positivo, el ánodo.

Cuando entre los dos polos se establece el arco voltaico, en su base se forma una pequeña zona de material fundido que el operador hace correr progresivamente sobre toda la longitud de los bordes que se pretende soldar. A menudo, el electrodo está recubierto por un revestimiento protector que, fundiéndose al mismo tiempo, forma una escoria, parecida al cristal fundido, que se deposita sobre el cordón de soldadura, protegiéndolo así de la oxidación. En otros casos se emplea para este fin una atmósfera gaseo-

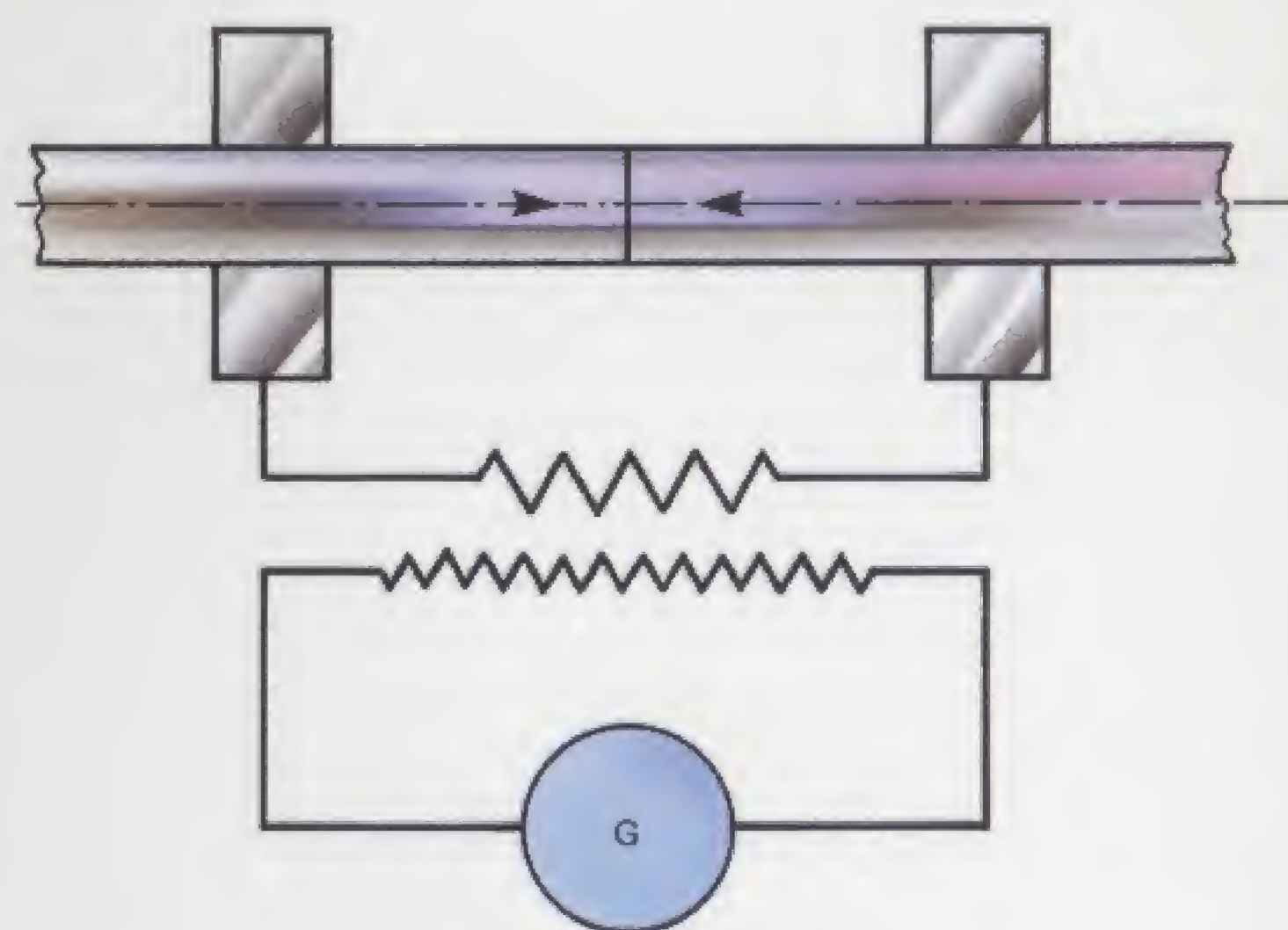




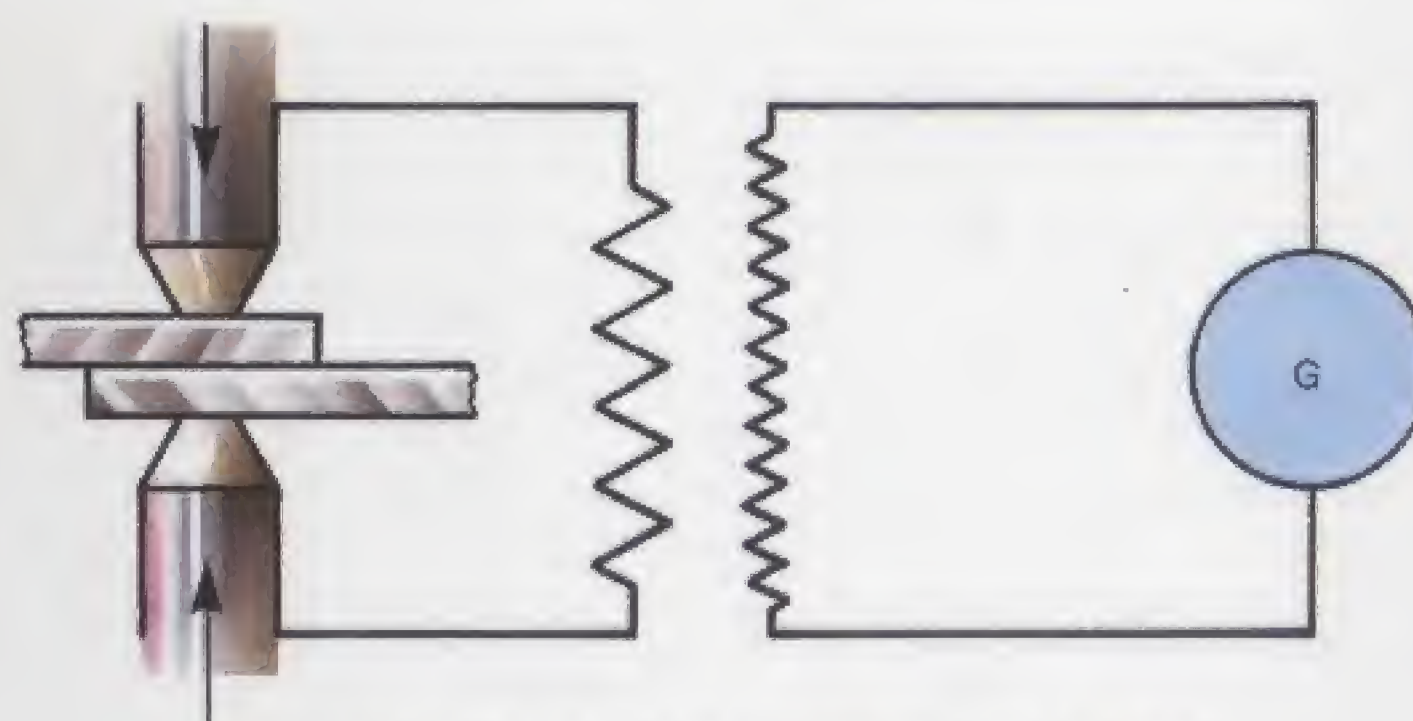
sa protectora, inyectando en la zona de la soldadura (generalmente alrededor del electrodo) un gas inerte, como el argón o el helio. El gas que envuelve la zona de la soldadura la preserva, como ya se ha dicho, del efecto contaminante de la atmósfera circundante. En caso de que el electrodo esté formado por una varilla de material no fundible, como el carbono o el tungsteno, es el metal que procede de la fusión de las mismas piezas el que forma el cordón de soldadura.

La soldadura por resistencia (continua o por puntos) es otra técnica de soldadura eléctrica ampliamente utilizada para la unión de chapas, sobre todo en la industria automovilística, de electrodomésticos y naval. En este tipo de soldadura, el calor necesario para la fusión se genera por el paso de una corriente eléctrica a través de la resistencia de contacto entre dos materiales. Para obtener un contacto ade-

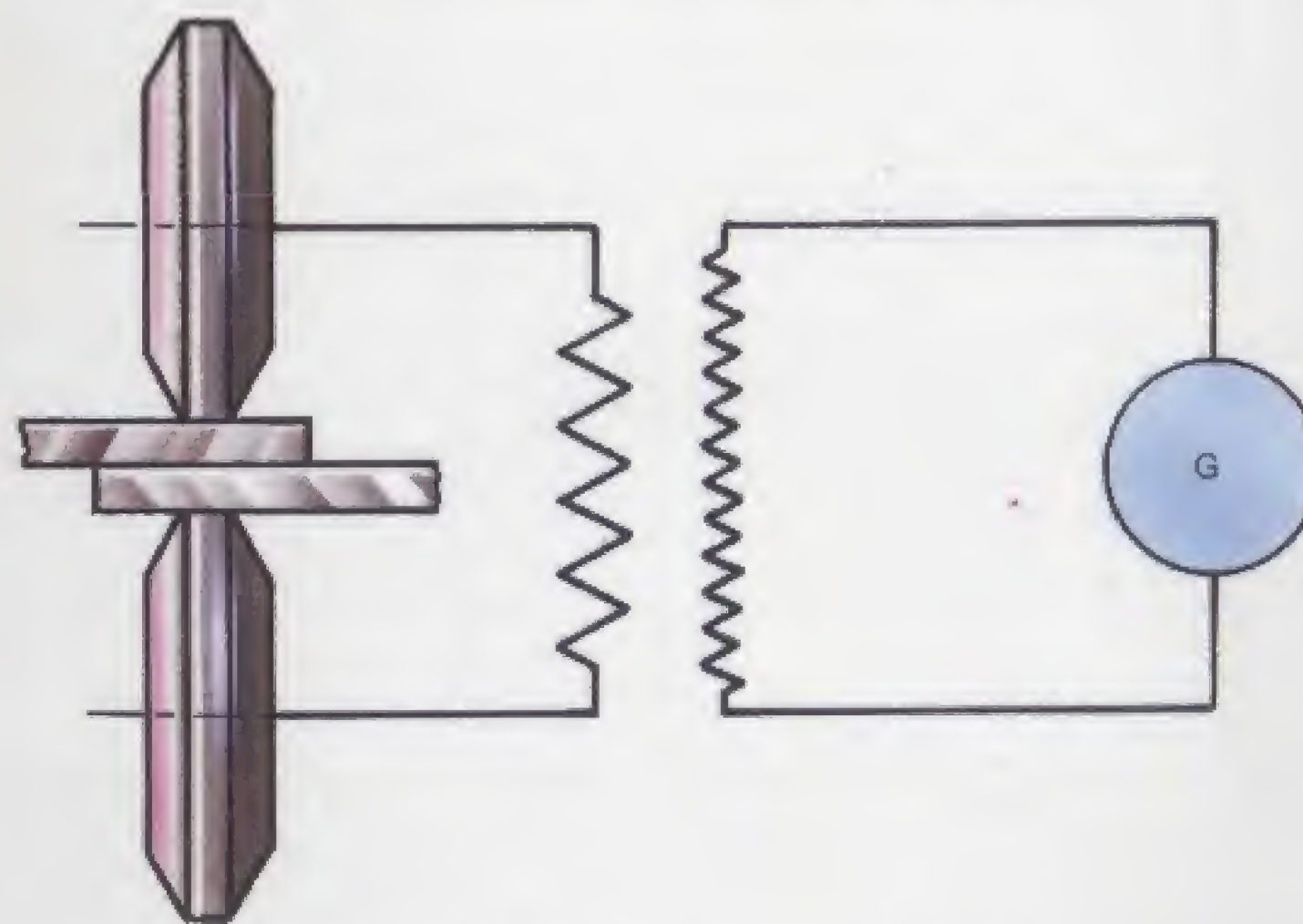
En estas dos páginas se ilustran diferentes procedimientos de soldadura. En la página anterior, abajo, se puede apreciar la técnica con la que se sueldan unos componentes semiconductores sobre una placa de sujeción. Esta técnica no precisa altas temperaturas. Arriba, un esquema de soldadura por arco, efectuada en una atmósfera protectora de gas inerte. La soldadura por puntos juega un importante papel en la industria del automóvil. En la foto bajo estas líneas observamos la típica imagen de un taller donde se realizan trabajos de soldadura.



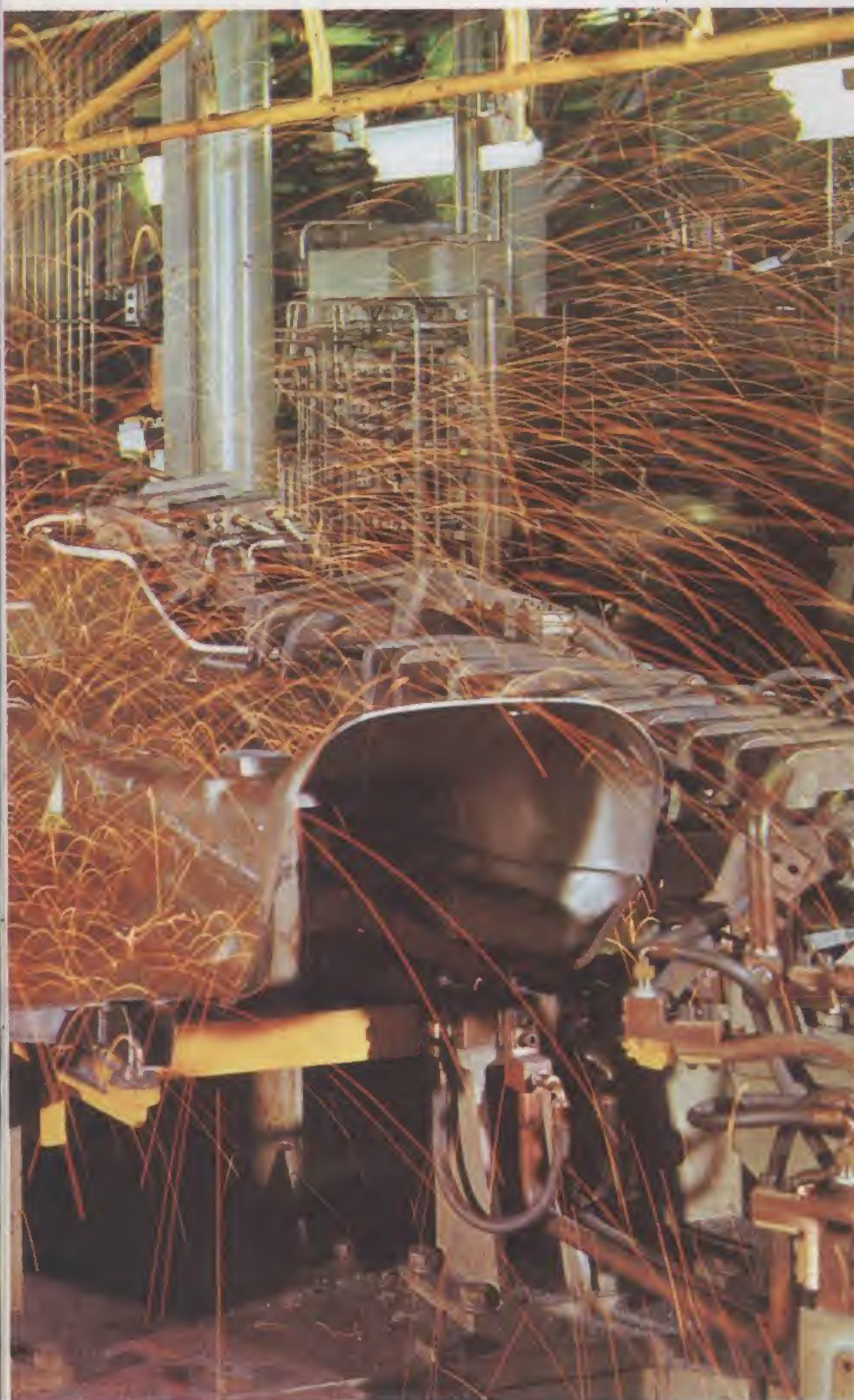
soldadura eléctrica de cabeza



soldadura eléctrica por resistencia por puntos



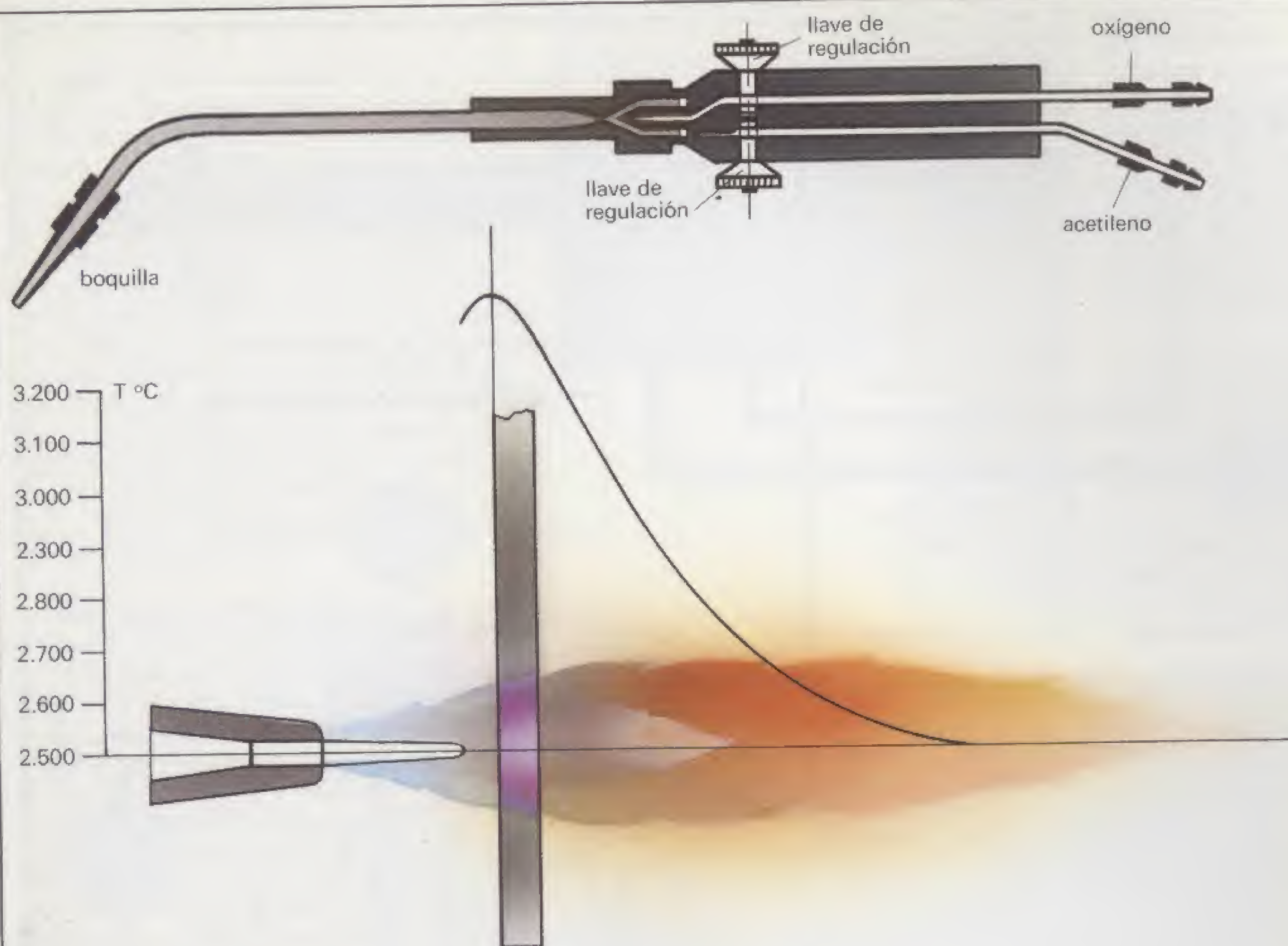
soldadura eléctrica por resistencia continua



La soldadura eléctrica ha alcanzado un amplio campo de aplicaciones en la industria. Son varias las técnicas que se utilizan para efectuar este tipo de soldadura. Arriba, esquema de la soldadura eléctrica de cabeza. En el centro, esquema de una soldadura por puntos. Los dos punzones comprimen las extremidades de los elementos a soldar y, cuando la corriente eléctrica

pasa, se produce una fusión, de forma que las dos piezas quedan unidas. Abajo, soldadura eléctrica por resistencia continua. En el esquema inferior, los dos electrodos tienen forma de ruedas que comprimen los bordes de las piezas y que, rodando, producen una línea continua de soldadura originada por el calentamiento por resistencia eléctrica.





cuando en los lugares convenientes, es necesario aplicar una cierta presión a los electrodos.

**Soldaduras por gas** El segundo tipo fundamental de soldadura es el llamado por gas. El calor necesario para la fusión local de las piezas que se sueldan (2.800 a 3.300 °C) procede de la combustión de acetileno, u otro gas combustible, con oxígeno. Las altas temperaturas que alcanza la llama de esta combustión convierten esta técnica de soldadura en la más idó-

nea para soldar aquellos materiales que presentan mayor dureza, como los aceros y otros diversos tipos de aleaciones especiales.

Los sopletes oxiacetilénicos disponen de boquillas intercambiables de varias dimensiones que permiten regular el tamaño de la llama, dependiendo del tipo de soldadura que se desee realizar.

Véase **Calor; Calor, transmisión del**

Arriba, sección de un soplete para soldadura oxiacetilénica. Pueden apreciarse los conductos de entrada del oxígeno y del acetileno, las llaves de regulación y la boquilla de salida de la llama. Debajo, sección de la boquilla del soplete oxiacetilénico y de la llama producida. Superpuesta a la llama, aparece la curva que muestra la variación de la temperatura en el interior de ésta. Observando dicha curva se aprecia que la llama alcanza su máxima temperatura a una cierta distancia de la salida; después, hacia el final de la llama, la temperatura disminuye. A la izquierda, una soldadura por haz electrónico. Este sistema permite efectuar soldaduras de elevadísima precisión con resultados muy fiables. La industria motorística aeronáutica es quizá la que más utiliza estas avanzadas tecnologías. A la derecha, vemos la soldadura en una atmósfera de gas inerte, helio en este caso, de las barras de combustible del reactor PEC, utilizadas en el centro de medicina del Agip Nuclear de Bolonia.









# Sonar

**E**n el invierno de 1912, el lujoso transatlántico inglés *Titanic* colisionó con un iceberg, hundiéndose en el transcurso de su viaje inaugural. Incidentes de este tipo, unidos a la aparición de la guerra submarina durante la I Guerra Mundial, pusieron de manifiesto la necesidad de desarrollar una técnica capaz de detectar la presencia de objetos submarinos a distancias considerables.

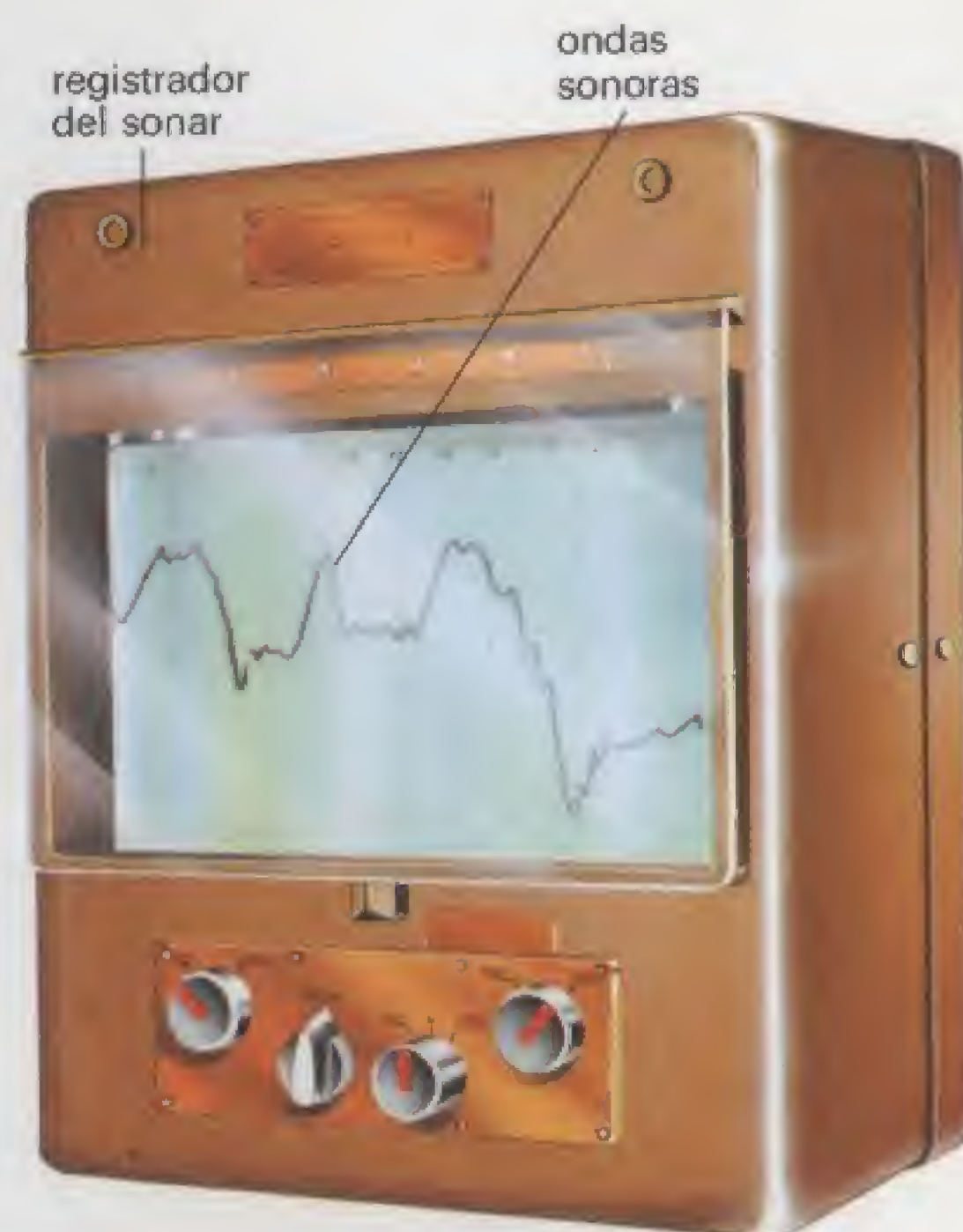
En 1916 se utilizó el primer sistema de detección submarina con fines militares. Consistía en un simple micrófono subacuático (hidrófono) capaz de captar el ruido producido por los motores de los submarinos. Dos años más tarde se desarrolló un aparato más sofisticado que emitía señales acústicas y obtenía información a partir de los ecos reflejados. Ambos instrumentos fueron los antecedentes de los modelos actuales de sonar (pasivo y activo), sustantivo formado con las primeras letras de la expresión inglesa *sound navigation and ranging* (navegación y determinación de distancias mediante sonidos).

**Sonar pasivo** Aunque no es tan versátil como el activo, el sonar pasivo tiene todavía muchas aplicaciones, especialmente en las operaciones militares, ya que, al contrario que el activo, no puede ser localizado por su propio funcionamiento. En realidad, constituye únicamente un sistema receptor, regulado para frecuencias de la banda sonora del espectro, capaz de captar las ondas que transpor-

tan los sonidos de los motores de los barcos y el "ruido hidrodinámico" originado por el movimiento de sus hélices. Los modelos más desarrollados de este tipo de sonar son capaces de percibir e identificar los ruidos de los motores de los barcos y los movimientos de sus hélices hasta una distancia de 160 kilómetros.

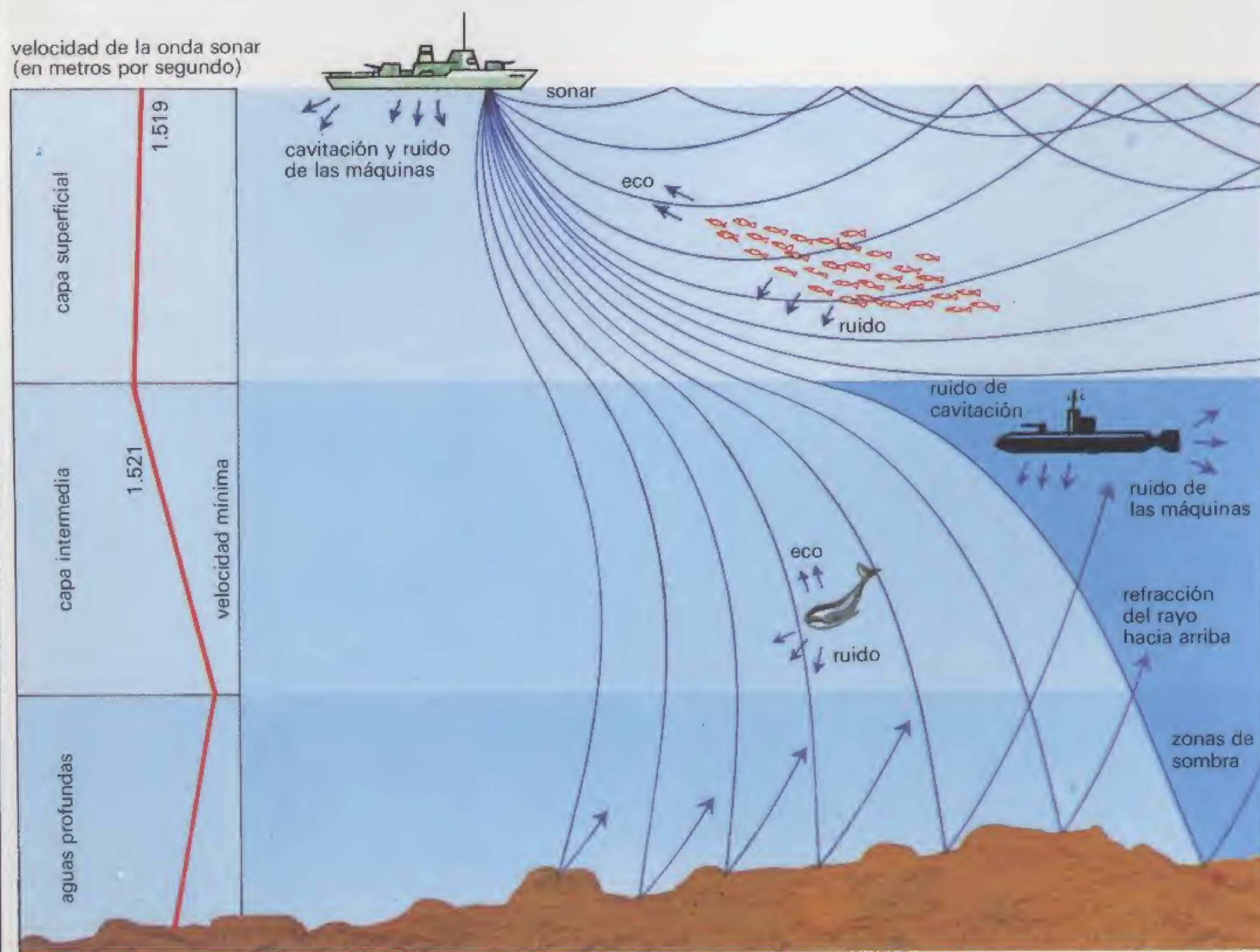
**Sonar activo** El sonar activo es el más versátil y utilizado de los dos tipos. A partir del eco sonoro puede determinar no sólo la distancia de los objetos sumergidos, sino también su posición y velocidad relativa. En su forma más simple está constituido por un transductor, que transforma las señales eléctricas en impulsos sonoros y los proyecta en la dirección deseada. Una sucesión de impulsos forma un rayo acústico, caracterizado por una amplitud y una frecuencia determinadas.

Cuando el rayo, en su recorrido, choca contra un determinado objeto, una parte de él se refleja y, en forma de eco, regresa al punto de partida. Cuando el impulso reflejado alcanza un segundo transductor, éste lo transforma en una señal eléctrica y lo transmite a un indicador para su lectura. Un observador situado frente al cuadro indicador puede calcular la distancia del objeto "oído", a partir del tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción o, si es necesario, a partir de la intensidad y de la amplitud del eco recibido. Por ejemplo, si se sabe que el sonido se desplaza en el agua a una veloci-

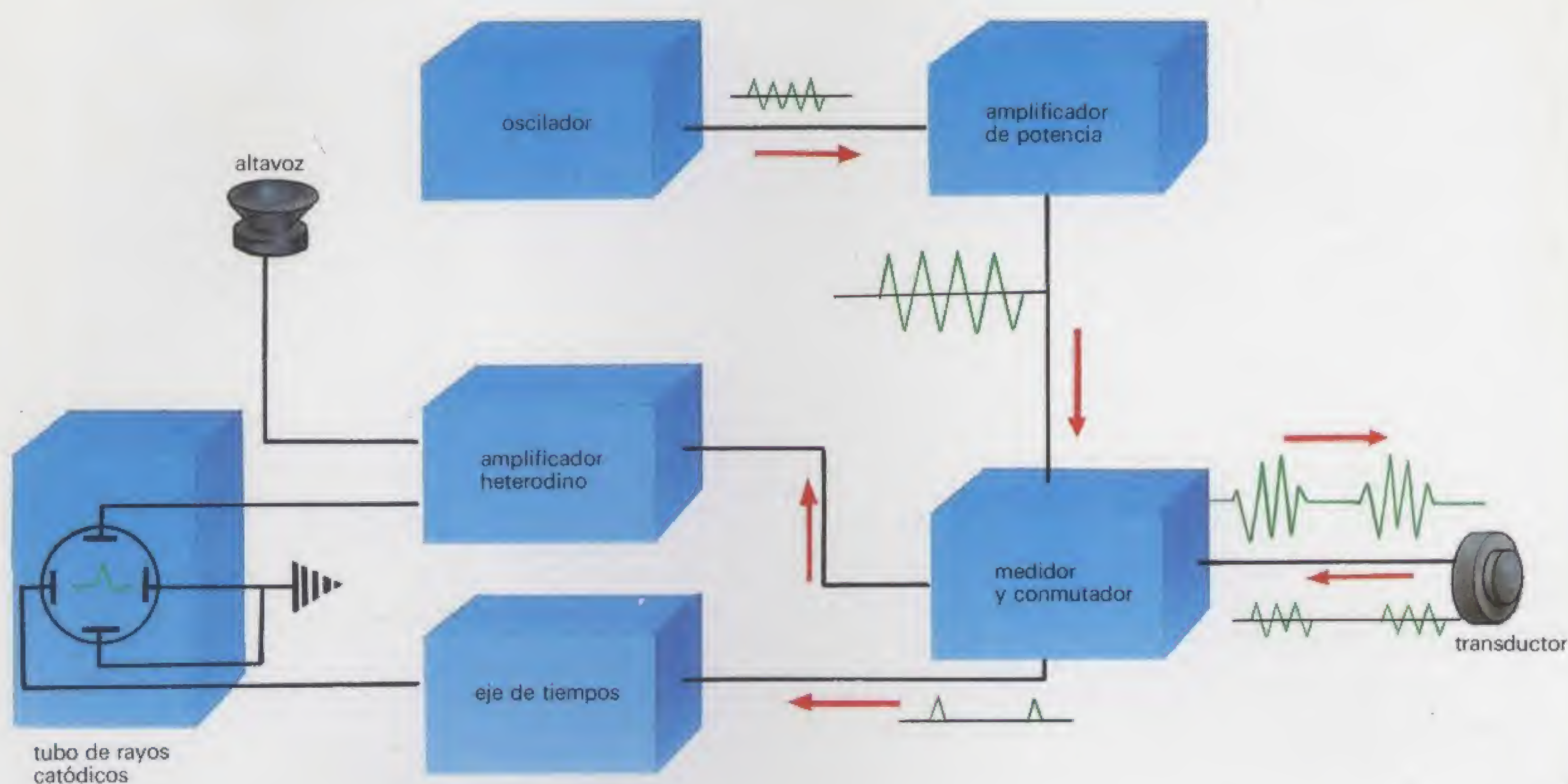


Arriba, el registrador del sonar de un buque con el trazado de las ondas sonoras reflejadas por el fondo marino. Abajo, el esquema de operaciones de un sonar activo, con las velocidades de propagación de

la señal, las reflexiones pasivas y las zonas de sombra donde no es posible ninguna detección útil de la señal. Un sonar activo está constituido esencialmente por tres grupos de componentes: transductores electroacústicos que emiten y reciben las señales; equipos de naturaleza eléctrica y electrónica para la generación de impulsos y la detección de los impulsos recibidos, y sistemas de lecturas o registro de señales recibidas. Estos últimos pueden ser tubos de rayos catódicos, registradores de distancia con impresoras gráficas o avisadores acústicos. A menudo, y por motivos de seguridad, se utilizan tanto testigos ópticos como acústicos. Los transductores se encuentran normalmente colocados en cápsulas, estudiadas para reducir al mínimo el ruido del agua que fluye a su alrededor. Generalmente, se instalan bajo la quilla, en el punto más profundo, pero, a veces, también pueden ser arrastrados a distancia del barco para reducir los ruidos originados por los motores del mismo. Este método también es adecuado para su utilización por pequeños aviones y helicópteros.







A la derecha, cuadro de lectura de un sonar; arriba, esquema de funcionamiento de un sonar activo. Las señales eléctricas producidas por un oscilador Trasser, amplificadas, son enviadas al transductor emisor y transformadas en impulsos acústicos (con frecuencias entre 15.000 y 50.000 Hz). El eco reflejado es capturado por un transductor receptor, que transforma la señal acústica en un impulso eléctrico, y amplificado y representado en un tubo de rayos catódicos y en una señal acústica, mediante un altavoz. El marcador de tiempos se encarga de la regularidad de la emisión de impulsos, permitiendo la medida exacta de los tiempos de retraso del eco.



dad de 1,5 km/s y se ha recibido el eco de una señal dos segundos después de que ésta ha sido emitida, se puede deducir que el rayo acústico ha recorrido una distancia total de 3 km, entre la ida y la vuelta. Dividiendo entre dos este valor, se puede afirmar que la distancia del objeto es de 1,5 km. Este tipo de cálculo es muy útil para determinar la distancia de los barcos, la profundidad del océano o la ubicación de bancos de pesca, que, a efectos

de reflexión, se comportan como un cuerpo homogéneo en movimiento.

En el caso más probable de que el objeto cuya posición se quiera determinar esté en movimiento, puede utilizarse un aparato llamado *sonar Doppler*, basado en el principio de que la frecuencia de una onda varía en función del movimiento de la fuente emisora o de la superficie reflectora (se trata del mismo fenómeno por el que el silbido de un tren resulta más agu-

do cuando el tren se está acercando y más grave cuando el tren se aleja). Con el sonar Doppler, la dirección y la velocidad efectiva de los objetos buscados pueden ser establecidas observando las variaciones, a veces muy pequeñas, en la frecuencia de las ondas reflejadas.

**Reverberación** Un problema que debe superar el sonar activo es la reverberación sonora y el ruido de fondo de los océanos. Para expresarlo de un modo simple, la reverberación es el resultado de ecos accidentales originados por la interacción del impulso con irregularidades del fondo y de la superficie del océano, y por la turbulencia de las aguas. El ruido de fondo del océano, producido por las olas, y el ruido causado por muchas especies de peces y crustáceos, interfieren también en la pureza de la señal.

Un problema muy importante para los aparatos de sonar instalados en los barcos procede de los ruidos de las máquinas del propio buque. Por esta razón, el sonar se instala normalmente en la parte inferior de la quilla, o incluso se arrastra a cierta distancia por debajo del barco. Un modo de luchar contra estos ruidos es la emisión de los impulsos sonoros a lo largo de haces estrictamente direccionales. Un sistema de transductores, capaces de emitir señales con direcciones prefijadas, puede asegurar la cobertura de amplias áreas, garantizando al mismo tiempo la claridad de las señales.

Véase **Acústica; Radar; Sonido; Submarino**



# Sonda espacial

**L**as sondas espaciales han permitido constatar a la ciencia que aún abundan, a lo largo de todo el Sistema solar, aquellas sustancias químicas que precedieron a la aparición de las primeras formas de vida sobre la Tierra. También han contribuido a derrumbar las hipótesis que se establecieron sobre el planeta Marte y sus canales, defraudando así las esperanzas de aquellos que habían considerado que sobre el mismo había existido alguna forma de vida. Gracias a las sondas espaciales se sabe que tanto Júpiter como Saturno están rodeados por más de una docena de satélites cada uno, así como que Saturno no es el único planeta con anillos del Sistema solar (también Júpiter los tiene) y que éstos son mucho más complejos de lo que se pensaba. Con las sondas espaciales, además, se ha podido comprobar que los volcanes son fenómenos naturales cuya existencia no se limita únicamente al ámbito de la Tierra.

Todo ello constituye sólo una breve muestra de la extraordinaria cosecha de nuevas informaciones que se han podido recoger en el último cuarto de siglo gracias a los vehículos espaciales de exploración, o sondas espaciales. Docenas de estas sondas han sido lanzadas al espacio con el objeto de examinar y estudiar los planetas e investigar aquellos cuerpos celestes que antes sólo se podían contemplar mediante los telescopios. Estas sondas espaciales, en cierto sentido, son las pioneras de la exploración, ya que están preparando el terreno para los futuros viajes interplanetarios del hombre y quién sabe si para la colonización de nuevos mundos.

## Vehículos espaciales no tripulados

Las sondas espaciales son vehículos sin tripulación, dotados de instrumentos científicos muy sofisticados. Contrariamente a lo que ocurre con un satélite artificial, que es puesto en órbita más o menos permanentemente alrededor de la Tierra, una sonda espacial es, generalmente, enviada más allá de los límites del campo gravitacional terrestre. Con el fin de escapar a dicho campo gravitacional, la sonda debe ser lanzada con gran energía inicial, imprimiéndosele una velocidad mínima de 40.000 km/h (*velocidad de escape*). Potentes propulsores proyectan el vehículo espacial fuera de la órbita terrestre, después de lo cual éste continúa moviéndose por inercia hacia su destino, siendo sólo asistido en su recorrido por pequeños cohetes que se encargan de realizar las posibles correcciones de ruta, de controlar las variaciones de velocidad y las operaciones de frenado con el fin de que se pose suavemente sobre la superficie de su objetivo. Cuando la sonda llega a las proximidades de un gran cuerpo planetario, la fuerza gravitacional de este último se encarga de atraerla hacia su órbita.

El vehículo es seguido desde Tierra mediante señales de radio. La tripulación está constituida por ordenadores que se encargan de vigilar el buen funcionamien-

to de todos los equipos y del envío a las estaciones terrestres de un flujo continuo de datos e informaciones. Estos ordenadores también han sido programados para realizar las correcciones de trayectoria durante el viaje. Según sea la naturaleza de la misión de la sonda, puede variar tanto la trayectoria como el tipo de instrumentación utilizada.

Existen, básicamente, cuatro tipos de misión espacial: las sondas lunares exploraron nuestro satélite para preparar los posteriores viajes tripulados; las sondas interplanetarias exploran el espacio entre los planetas, en lugar de concentrar sus investigaciones sobre un planeta o un grupo de planetas determinado; las sondas planetarias, que orbitan alrededor del Sol, pasan cerca de un planeta y lo estudian desde su recorrido orbital o bien aterrizan sobre su superficie; y, finalmente, los cohetes sonda, que permanecen en las capas altas de nuestra atmósfera, dentro del campo gravitacional terrestre, y que tienen como objeto efectuar estudios sobre la temperatura y presión de la atmósfera y realizar medidas de las radiaciones procedentes del espacio.

Las sondas interplanetarias y las lunares han jugado hasta ahora el papel predominante por lo que se refiere a la exploración espacial. Tanto los vehículos espaciales soviéticos como los americanos han realizado, siguiendo programas sistemáticos, profundos estudios de los planetas del Sistema solar más cercanos a la Tierra. Al principio, sólo hubo vuelos de reconocimiento o de "paso", como los realizados a Mercurio, Júpiter y Saturno; después, se realizaron misiones de exploración con sondas orbitantes, a veces capaces de posarse sobre la superficie de los planetas, como las que han permitido estudiar la superficie de la Luna, Marte y Venus; y, finalmente, la culminación de todo el trabajo preparatorio: la exploración directa por el hombre, que, de momento, se ha verificado sólo en el caso de la Luna.

**El estudio del cuerpo más cercano a nosotros: la Luna** Por lo general, los equipos científicos transportados por las sondas suelen ser adaptados para cumplir numerosos objetivos. Por ejemplo, las primeras sondas lunares no sólo realizaron fotografías detalladas de la superficie de nuestro satélite, sino que también estudiaron su gravedad, su magnetismo y su composición química, preparando así los aterrizajes —o mejor dicho, los alunizajes— de las futuras misiones Apolo. El primer vehículo espacial sin tripulación que se posó sobre la Luna fue el Luna 2, lan-

Gracias a las sondas espaciales, el hombre ha podido explorar prácticamente casi todo el Sistema solar transmitiendo a la Tierra, desde millones de kilómetros de distancia, datos y fotografías que han revolucionado nuestros

conocimientos astronómicos, a la vez que han podido demostrar definitivamente la inexistencia de formas de vida parecidas a la nuestra en los demás planetas. A la derecha, la sonda estadounidense Ranger.









zado por los soviéticos en 1959. Estados Unidos continuaría de cerca el proyecto con la serie de misiones Ranger, Surveyor y Luna Orbiter. Gracias a los datos proporcionados por las sondas Luna y Surveyor se pudo establecer que la superficie lunar era compacta y, por lo tanto, capaz de sostener a los astronautas y a sus equipos. El lugar donde habrían de alunizar los astronautas de la misión Apollo, el llamado Mar de la Tranquilidad, fue elegido, entre cuarenta posibles puntos de la superficie lunar, después de un minucioso examen realizado por los científicos de la NASA sobre fotografías y sobre datos de la composición química del suelo lunar.

El objetivo de las misiones espaciales de exploración realizadas hasta hace unos años se centró principalmente en la Luna, ya que era el cuerpo celeste más cercano y accesible para nosotros. Posteriormente, las sondas espaciales han permitido realizar una gran cantidad de descubrimientos sobre los demás cuerpos integrantes de nuestro Sistema solar.

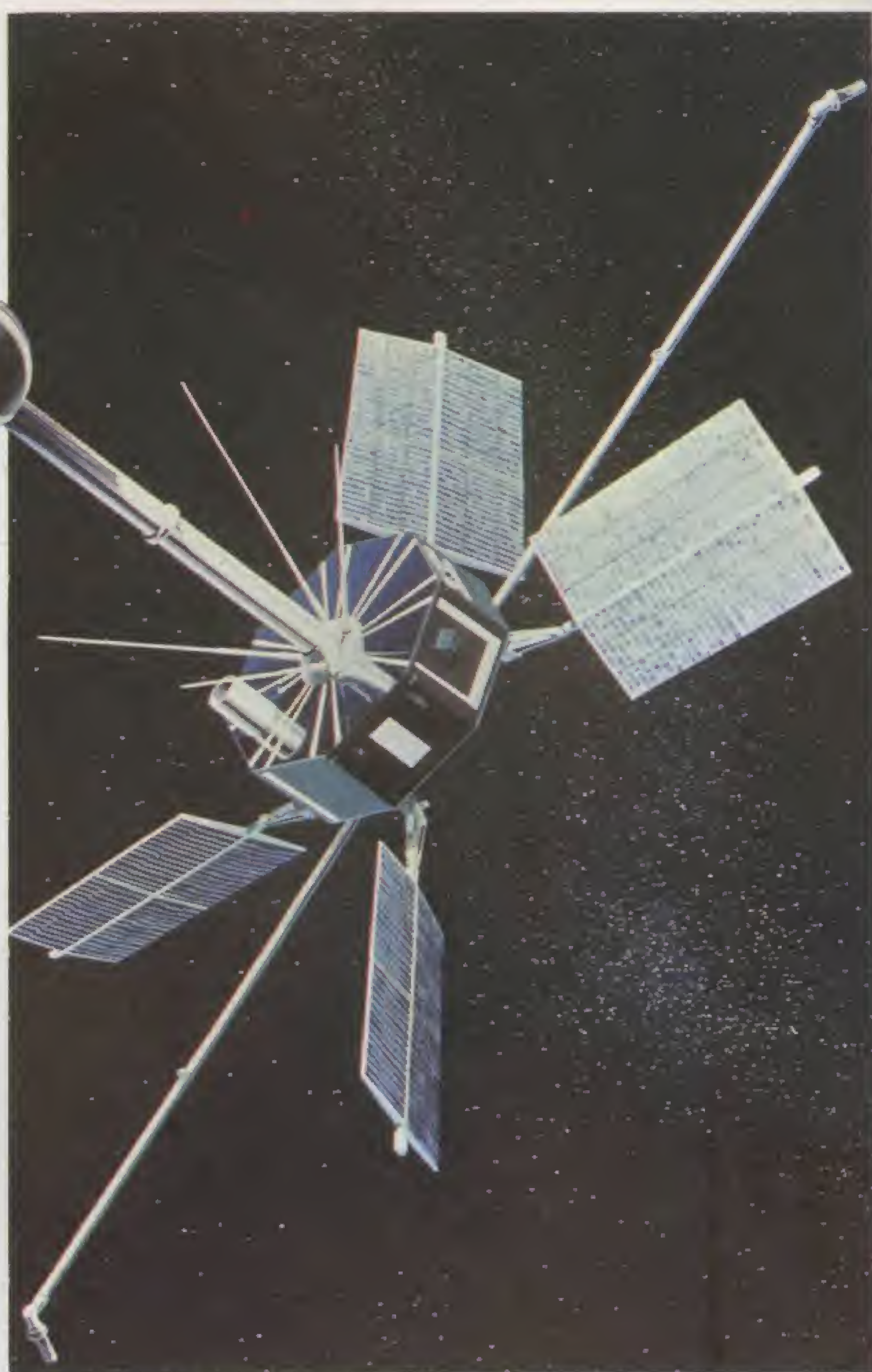
En la década de los años sesenta y a principios de la de los setenta, se llevaron a cabo misiones Mariner a Marte, Venus y Mercurio. Las sondas Mariner, proyectadas y construidas por el Jet Propulsion Laboratory (JPL) de California, contribuyeron enormemente al conocimiento de estos planetas y de sus atmósferas. Entre los descubrimientos realizados en el curso de estas misiones se pueden citar los referentes a Mercurio, donde se observó la existencia de un campo magnético parecido —aunque más débil— al de la Tierra. Además, a través del examen de miles de fotografías, los científicos pudieron observar definitivamente la superficie de Mercurio, comprobando que estaba cubierta de cráteres. Venus, por otra parte, resultó ser compacto y rocoso, y dotado de una atmósfera que contiene hidrógeno, helio y dióxido de carbono.

Los exámenes de las atmósferas de ambos planetas fueron realizados mediante haces de ondas de radio. Señales con frecuencia exactamente controlada son enviadas desde la Tierra al vehículo espacial, que después las reenvía nuevamente a la Tierra. Estas ondas están sometidas a un fenómeno de refracción que depende de las características químicas de la atmósfera del planeta. Como consecuencia de esta refracción, la astronave parece ocupar una posición distinta de la que corresponde a sus coordenadas en el espacio. Los científicos estudian estos desplazamientos aparentes de la posición en términos de temperatura, densidad y presión, comparando los comportamientos que detectan en las atmósferas de los planetas con aquellos relativos a la química de la atmósfera terrestre.

**Exploraciones de Marte** Marte, uno de los grandes enigmas del Sistema solar, ha perdido algo de su misterioso encanto después de que una serie de misiones espaciales, realizadas con sondas de paso, sondas orbitantes y, finalmente, con son-

Las sondas espaciales han permitido también experimentar una gran variedad de sistemas de radiocomunicación, de protección y de control, base indispensable para las posteriores misiones con naves espaciales

tripuladas. En el caso de Marte, las estaciones automáticas han realizado un trabajo por el que actualmente conocemos de ese planeta un gran número de detalles particulares que permitirán futuros aterrizajes en condiciones de muy alta seguridad. Igualmente, sondas espaciales han explorado la atmósfera y el suelo de Venus y las particularidades de Saturno y de Júpiter con sus respectivos satélites. A la derecha, el IMP (Interplanetary Monitoring Probe), satélite lanzado por la NASA con el fin de detectar algunos fenómenos que se producen en el espacio interplanetario. En particular, esta sonda ha tenido como objetivo detectar y medir la intensidad de las radiaciones cósmicas. En la página siguiente, la sonda espacial Mariner.



das capaces de posarse sobre el planeta, han permitido inspeccionarlo de cerca. Con ayuda de estas misiones se ha descubierto que Marte tiene una atmósfera muy enrarecida, cien veces menos densa que la terrestre, con un abundante contenido en dióxido de carbono, un gas letal para todas las formas de vida conocidas. La misión Mariner 9 (1971-72) dio a conocer una superficie marciana formada de cráteres, valles, llanuras y volcanes gigantes, con estructuras semejantes a lechos secos de ríos. Los módulos de aterrizaje de los Viking tomaron material de la superficie, lo analizaron y transmitieron los resultados: no se halló el más mínimo resto de materia orgánica.

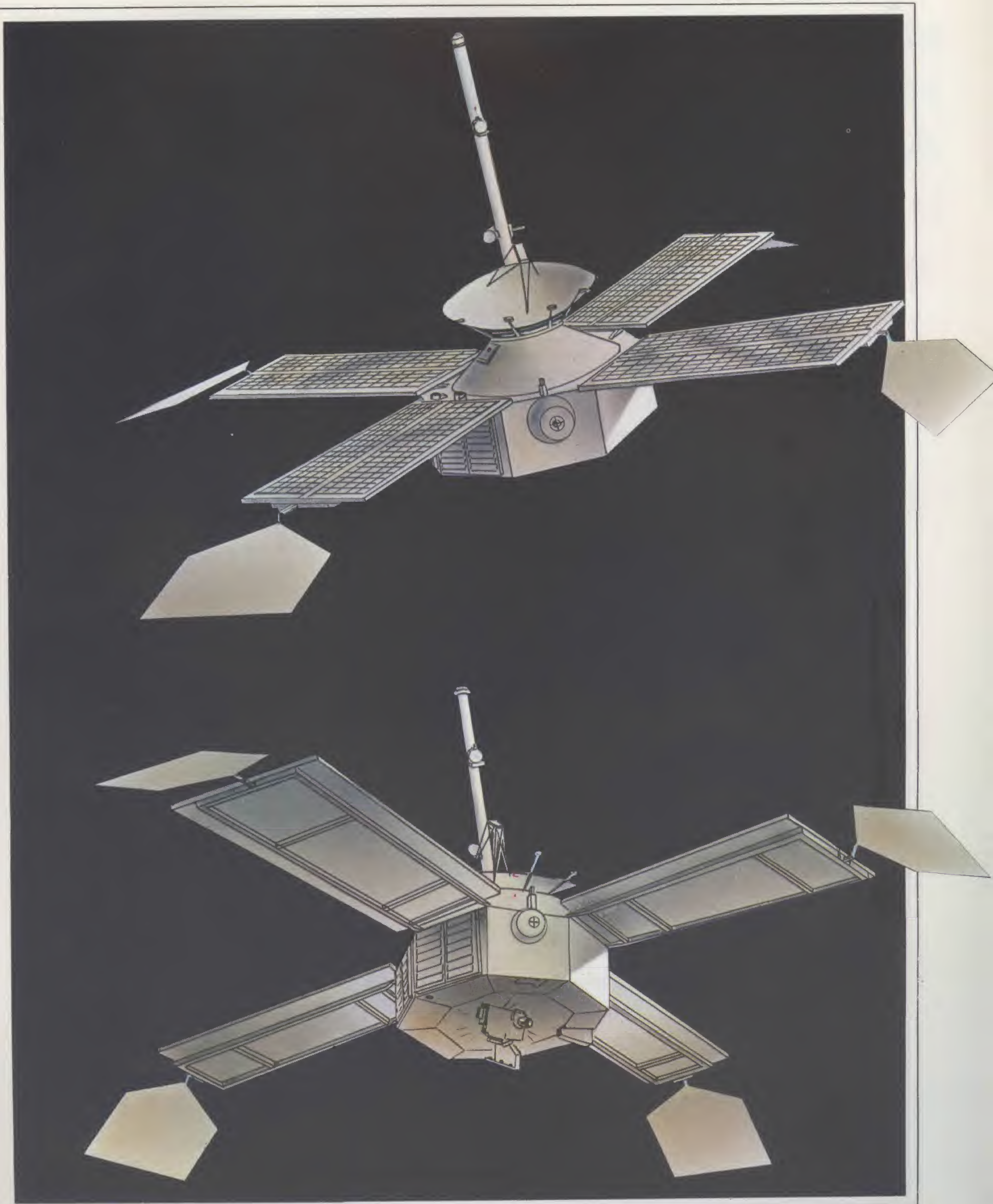
**Júpiter y Saturno** La exploración de Júpiter comenzó en 1972, con el lanzamiento de la sonda estadounidense Pioneer 10. Dos misiones de paso, realizadas sucesivamente por las sondas Voyager 1 y 2, dieron a los astrónomos una perspectiva completamente nueva de este planeta. Entre otras cosas, se descubrió que también Júpiter tiene un sistema de anillos y que en su décimo satélite hay al menos ocho volcanes en fase activa. Se ha de-

mostrado igualmente que la atmósfera de Júpiter es perturbada por inmensas tempestades y que la Gran Mancha Roja es una tormenta ciclónica, un fenómeno característico de la meteorología de Júpiter.

Tanto las misiones Pioneer como las Voyager realizaron asimismo observaciones de Saturno, permitiendo a los científicos echar una ojeada superficial a este remoto planeta. Como ya se había considerado con anterioridad, Saturno está rodeado por millares de finos anillos concéntricos en constante flujo dinámico. También se ha descubierto que la atmósfera de Saturno está constituida por una mezcla de gases, entre los que destacan el hidrógeno, el helio y el metano. Presenta una división en bandas oscuras paralelas al ecuador, debidas a la presencia de gas en estado líquido y, probablemente, a cristales de amoníaco con trazas de metales alcalinos. Los Voyager 1 y 2 siguen realizando su misión de exploración del espacio, que se prolongará hasta alcanzar Urano y Neptuno.

Véase **Astronáutica; Astronauta; Cohete; Navegación interplanetaria; Planetas; Rampa de lanzamiento**







# Sonido

**E**l sonido es un movimiento vibratorio que se propaga por ondas desde el punto en que se origina, o foco sonoro. Una condición imprescindible para que tales ondas se propaguen es la existencia de un medio natural que contenga partículas capaces de influir una sobre otra. Esta condición viene dada por la presencia de un gas, un líquido o un sólido, pues, a diferencia de las ondas electromagnéticas, las ondas sonoras no pueden propagarse en el vacío.

**Producción del sonido** Cuando un objeto vibra en el aire, las moléculas de éste más próximas a la superficie del objeto resultan desplazadas de la posición que ocupaban originalmente. Al moverse, estas moléculas chocan con las moléculas vecinas, con lo que se produce una serie de compresiones y expansiones alternativas. Así pues, el sonido se genera por la transmisión a través del aire de una variación repentina de la presión. Mientras que el sonido se origina por un cambio perió-

dico y ordenado de la presión, el ruido se produce por un cambio desordenado.

Si el ritmo (frecuencia) con que se propagan esas vibraciones se encuentra dentro de la gama audible, las vibraciones del aire adyacente al tímpano, membrana que posee nuestro sistema auditivo, hacen que aquél vibre también por simpatía. Estas últimas vibraciones se transmiten a través del oído hasta el cerebro, donde son interpretadas como sonidos.

Si el material existente entre el objeto vibrante y el oído es un líquido o un sólido, el sonido se propaga de forma ligeramente distinta, debido a que las moléculas de los sólidos y de los líquidos se mantienen unidas por fuerzas cuya magnitud depende de las propiedades elásticas del material. Para que un sonido pueda oírse deben cumplirse dos condiciones. En primer lugar, el sonido tiene que tener la suficiente energía como para inducir la vibración de los tímpanos: hay algunos sonidos que no llegan al umbral de energía necesario y, en consecuencia, no se oyen.

En segundo lugar, el sonido tiene que tener una frecuencia adecuada: el oído humano sólo puede percibir sonidos de frecuencias comprendidas entre 20 y 20.000 ciclos por segundo, aunque este margen de frecuencias audibles varía de forma natural de una persona a otra y depende también del nivel de ruido del ambiente en que se viva y de la edad. A medida que se envejece, las delicadas membranas que constituyen los tímpanos se endurecen, por lo que resulta difícil oír las frecuencias más elevadas.

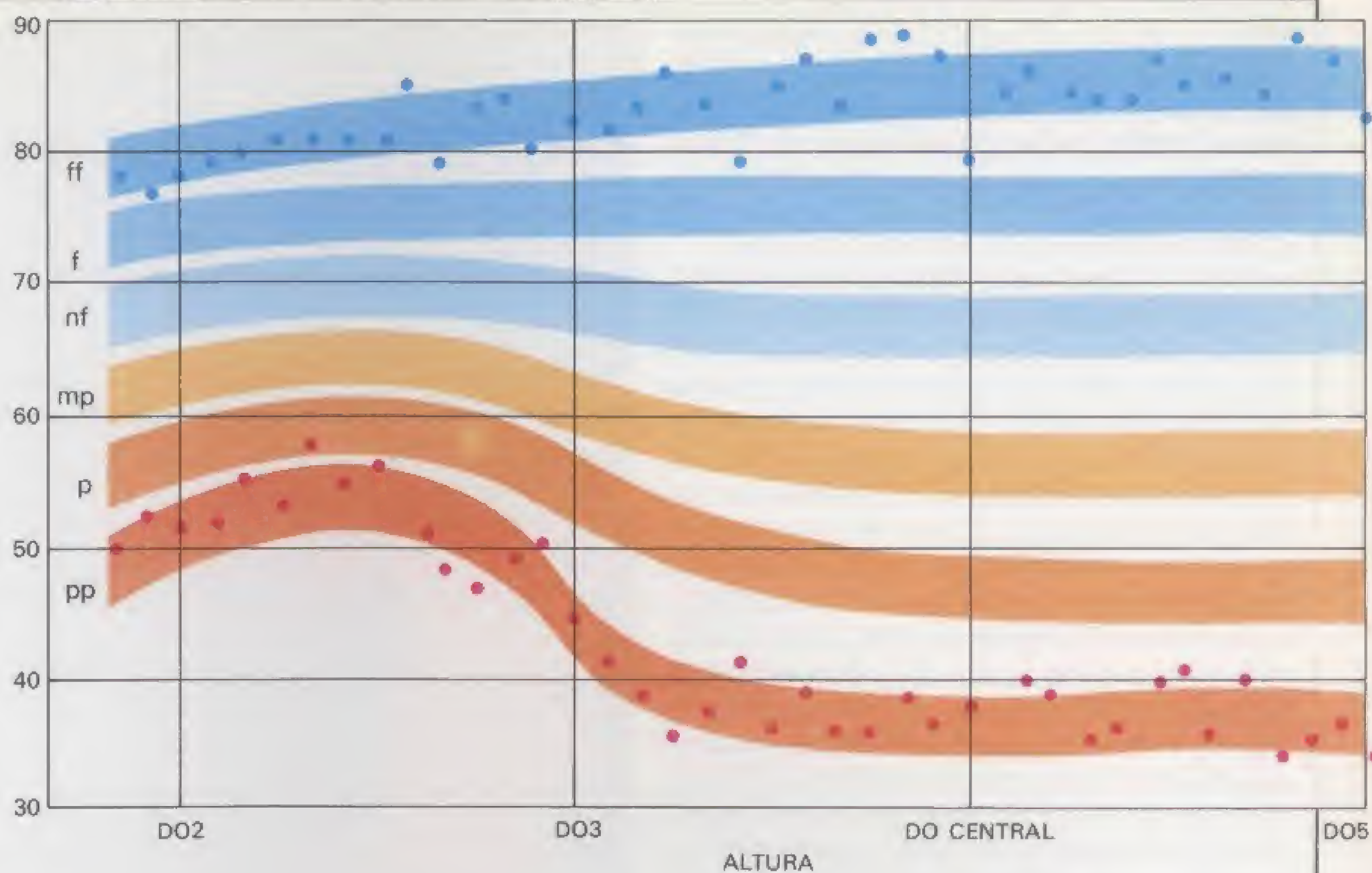
El sonido viaja en el aire a una velocidad aproximada de 344 metros por segundo, velocidad bastante baja y mucho menor que la de la luz. Esto explica, por ejemplo, por qué durante una tormenta oímos los truenos después de que haya pasado un cierto tiempo desde el momento en que hemos visto el relámpago correspondiente. Se puede evaluar la distancia a la que ha caído el rayo contando los segundos que transcurren entre el relámpago y el trueno: el número de segundos transcu-





En la página anterior, una orquesta sinfónica. Los músicos que la componen tocan, por grupos de instrumentos, "particellas" diferentes, pero en perfecta armonía entre ellas. La disposición de los instrumentos en una orquesta está dictada por exigencias técnicas y sonoras. Los instrumentos están divididos según su pertenencia a uno de los cuatro grupos principales, esto es: madera, metal, de percusión y de cuerda. El núcleo principal está formado por los instrumentos de arco: 16 violines primeros, 14 violines segundos, 12 violas, 10 violonchelos y 8 contrabajos; a continuación, están los instrumentos de

madera: 2 oboes, 1 corno inglés, 2-3 clarinetes, 1 clarinete bajo, 2-4 fagots y 1 contrafagot; les siguen los instrumentos de metal: 1 flautín, 2 flautas, 4 trompas, 2-3 trompetas, 3-4 trombones, 1 trombón bajo; por último, los instrumentos de percusión que, entre timbales, tambores y platillos, necesitan entre dos y cuatro músicos. A la derecha, gama dinámica del fagot, especialmente amplia, con un *fortissimo* muy alto que se encuentra 45 decibelios por encima del *pianissimo* correspondiente. El registro bajo también posee una amplitud de gama que permite la colocación de diversos grados de sonoridad intermedia.



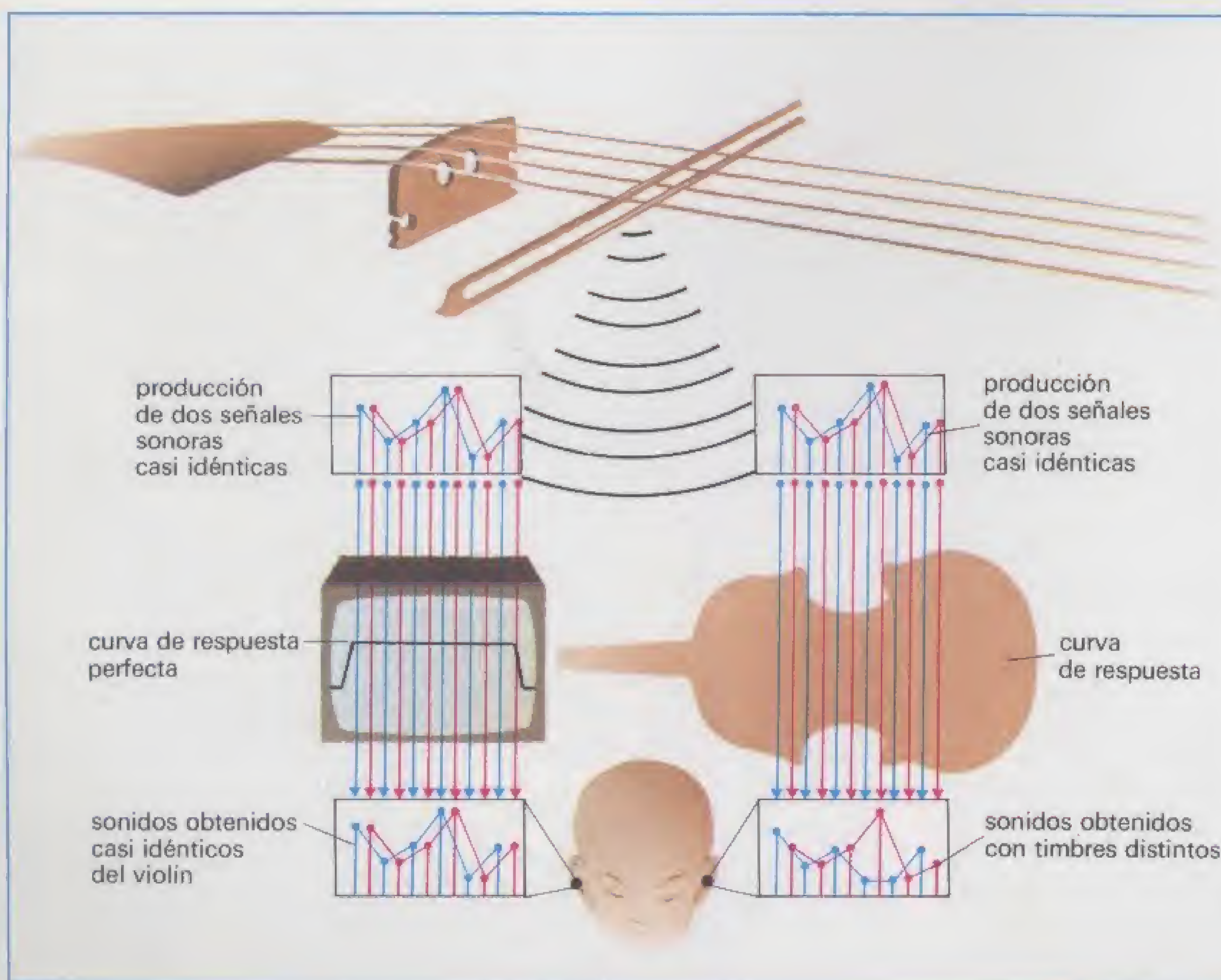
ridos, multiplicado por 0,344, nos proporciona aproximadamente la distancia en kilómetros.

En general, las ondas sonoras se propagan más rápidamente a través de sólidos y líquidos que en los gases, debido a que el tiempo necesario para que se produzcan las colisiones entre las moléculas de un gas es mucho mayor. La temperatura también influye notablemente en la velocidad de propagación de los sonidos; una demostración de ello es que en el aire la velocidad aumenta medio metro por segundo por cada grado centígrado que aumenta la temperatura. Esta, desde un punto de vista práctico, puede ejercer efectos

notables. Durante el día, los estratos superiores del aire están normalmente más fríos que los estratos cercanos al suelo, lo que significa que la velocidad de propagación de una onda sonora disminuye a medida que nos alejamos de los estratos de la atmósfera más próximos a la superficie. Basándonos en el hecho de que las ondas sonoras se comportan como las ondas luminosas, en particular en lo referente a la reflexión y a la refracción, podemos deducir que a medida que la onda vaya adentrándose en estratos más fríos, irá sufriendo progresivas y pequeñas refracciones, que la irán desviando hacia arriba, fuera del alcance de nuestro oído. En cam-

bio, durante la noche, los estratos de aire superiores están más calientes que los inferiores y en tal situación los sonidos se refractan hacia abajo, dentro del alcance del oído humano. Por ese motivo se escuchan mejor los sonidos lejanos de noche que de día.

**Cualidades del sonido** Un sonido se puede distinguir por tres cualidades: tono o altura, intensidad y timbre. El *tono* está relacionado con la frecuencia de vibración del objeto que genera el sonido, y se expresa normalmente por el número de ciclos por segundo (un ciclo corresponde a una vibración completa). Cuanto más



Todos los instrumentos musicales están formados por dos elementos con funciones complementarias: un sistema de excitación, que produce la señal sonora, y un elemento de resonancia, que filtra y amplifica la señal. En el violín, el conjunto arco-cuerdas es el sistema de excitación, y la caja es el elemento de resonancia. A la vibración de la cuerda por el roce del arco le corresponde la respuesta de la caja, que en el caso del violín es muy irregular. Como se puede ver en el esquema de al lado, a la producción de dos señales sonoras casi idénticas le corresponde una curva de respuesta perfecta y por tanto los sonidos son casi idénticos; en cambio, en el violín, la producción de dos señales sonoras casi idénticas genera una curva de respuesta en la que los sonidos resultantes tienen timbres diferentes. En cada uno de los dos sonidos, los armónicos que quedan en los picos de la curva se amplifican, mientras que los que caen en los valles se atenúan, y, además, no son siempre los mismos armónicos los que sufren esta variación. El resultado será un sonido mucho más rico y modulado. La imperfección puede ser una forma extrema de riqueza. Una curva de respuesta regular, por ejemplo, puede encontrarse en un amplificador de una cadena de alta fidelidad: la diferencia es que un sonido resulta más agudo que el otro.



alta es la frecuencia de una nota, más agudo es el sonido que le corresponde. Este principio se puede ilustrar, por ejemplo, con el ruido de un ventilador eléctrico, que se vuelve más agudo o más grave en función de que la velocidad de giro aumente o disminuya, respectivamente.

El tono del sonido, o mejor aún, nuestra percepción del mismo, depende también de si este último procede de un emisor estacionario o de uno en movimiento. Este hecho recibe en física el nombre de *efecto Doppler*, denominado así en honor del físico austríaco Christian Doppler, que fue el primero en explicarlo en 1842. Si el emisor de un sonido se encuentra en reposo, la frecuencia de las vibraciones que induce en nuestros tímpanos es igual a su frecuencia de vibración propia. En cambio, si el emisor se mueve hacia el oyente, el tiempo entre un pico de la onda sonora y el sucesivo se acorta, y el número de ondas que alcanzan el oído del oyente por unidad de tiempo, se hace mayor, por lo que el sonido parece tener un tono más elevado. Si, por el contrario, la fuente de emisión sonora se aleja del oído, el número de ondas que entran en éste por segundo es menor que el número de ondas que el emisor produce en ese mismo periodo de tiempo, y el tono del sonido disminuye. La consecuencia de todo esto es que cuanto mayor es la variación del tono del sonido, mayor es la velocidad con que se desplaza la fuente emisora con respecto al oyente. Un ejemplo clásico del efecto Doppler es la repentina disminución del tono del silbato de una locomotora cuando pasa por delante del observador. En realidad, el tono del sonido del silbato es siempre el mismo; la variación que nosotros apreciamos es solamente un efecto

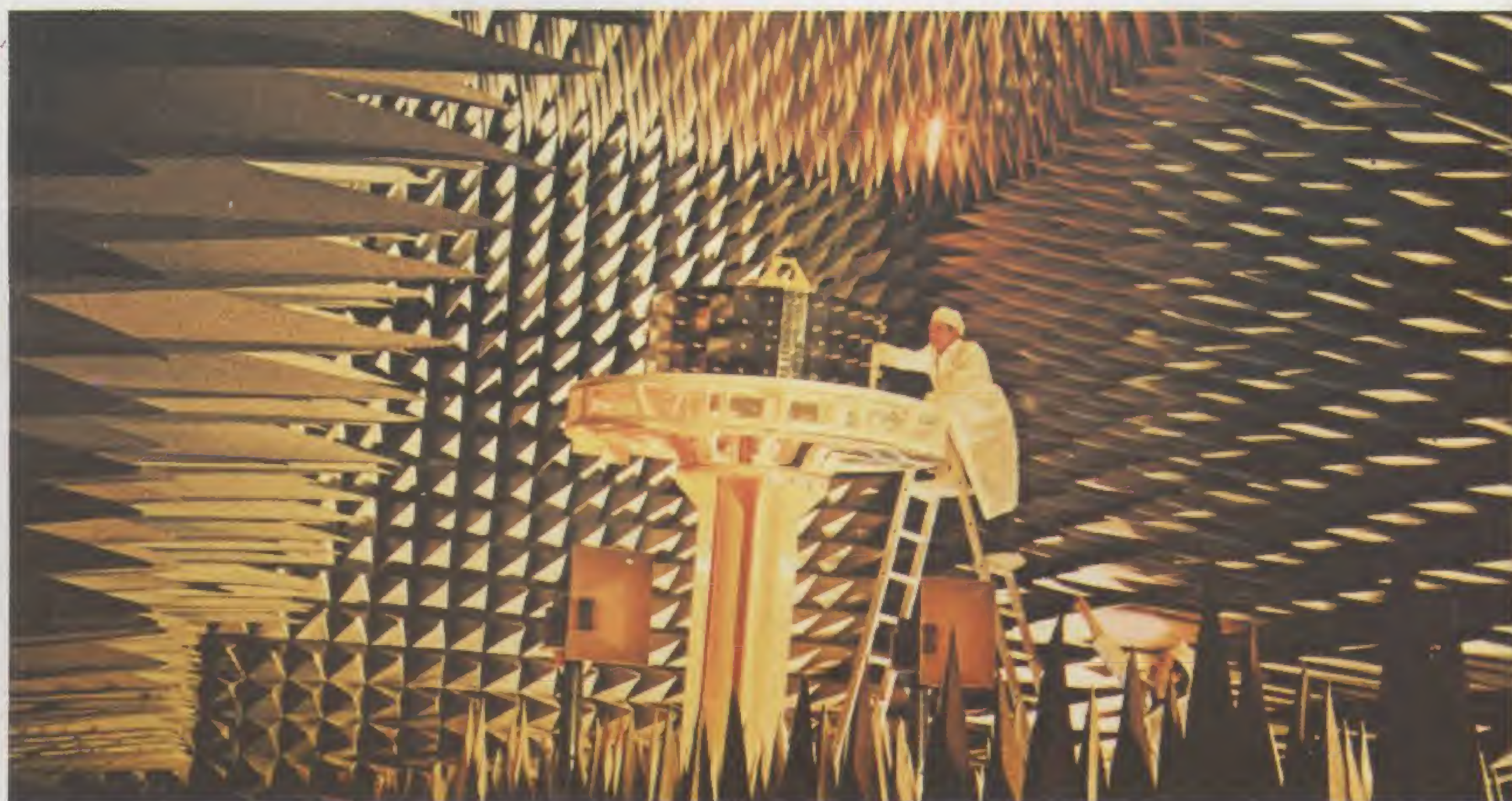


Sobre estas líneas, una cámara anecoica para microondas; abajo, pruebas realizadas en una cámara anecoica de las antenas del satélite Meteosat. En las cámaras anecoicas, se reproducen, aproximadamente, las condiciones acústicas del espacio libre, ya que se elimina cualquier

causa que pueda perturbar el campo primario que genera la fuente electromagnética o sonora. Estas cámaras se construyen cubriendo todas las paredes, incluyendo techo y suelo, con materiales que absorban completamente la energía de la onda.

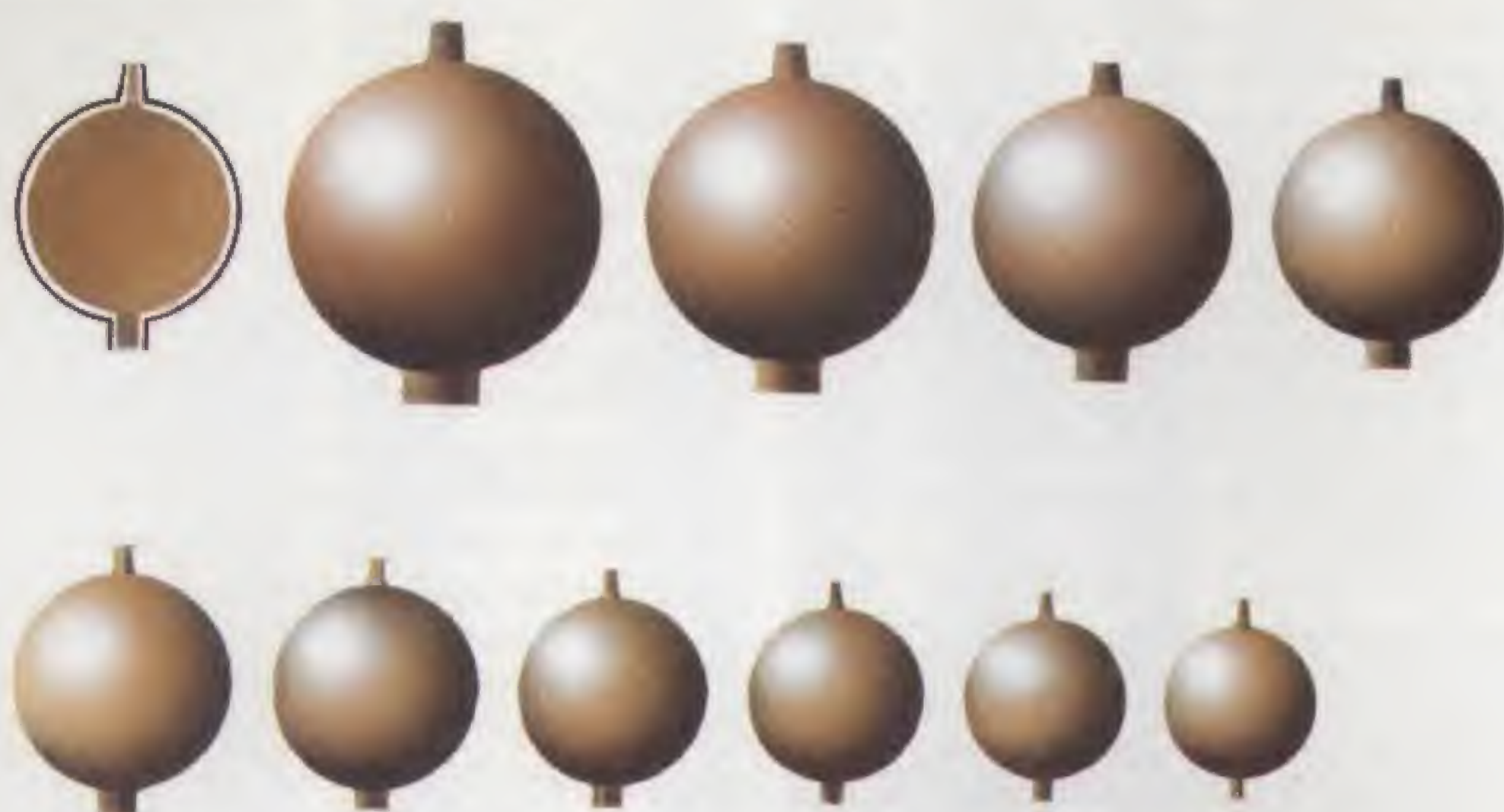
relativo ocasionado por el movimiento del emisor.

La *intensidad* de los sonidos que percibimos es equivalente a su volumen acústico. Esta intensidad depende de la cantidad de energía que transporta la onda, es decir, de la fuerza o amplitud de las vibraciones que generan el sonido. Una vibración fuerte agita las moléculas con más intensidad que una vibración débil, produciendo un sonido con mayor volumen.





## RESONADORES DE HELMHOLTZ



Arriba, resonadores de Helmholtz. En el interior de una cavidad de cualquier forma se pueden producir ondas estacionarias cuya frecuencia depende de la forma de la cavidad, además de depender de las dimensiones y de la posición de las aberturas que comunican la cavidad con el exterior. Cuando la frecuencia

sonora externa se acerca a una de las frecuencias propias de la cavidad, esta última se convierte en un "resonador" de esa frecuencia. Una cavidad esférica, como las de Helmholtz, vibra con gran intensidad sólo a la frecuencia fundamental o de resonancia.

que el aire, como, por ejemplo, la goma, el corcho o el algodón, por lo que se utilizan a menudo como aislantes para eliminar los ruidos de determinados ambientes. Las dimensiones del objeto que vibra también influyen en la intensidad del sonido.

**Timbre del sonido y armonía** Los técnicos en acústica definen el *timbre* de un sonido como la característica de un tono musical. Por el timbre se distingue el sonido de una nota emitida por un violín del sonido de la misma nota emitida por un piano. La diferencia de timbre entre estos dos sonidos se debe a la mezcla de varias frecuencias relacionadas con la frecuencia fundamental de la nota en cuestión, frecuencias que se denominan "armónicas". Por ejemplo, una cuerda de violín puede vibrar con una frecuencia de 256 oscilaciones por segundo, produciendo un *sol*, al mismo tiempo que cada mitad de la cuerda, cada tercio, cada cuarto, etc., pueden vibrar, generando frecuencias armónicas. Estas se mezclan con la fundamental, proporcionando al sonido una riqueza inconfundible.

Véase **Acústica; Instrumentos musicales; Resonancia**

Cuanto más intenso es el movimiento oscilatorio de las moléculas, más fuerte es el sonido que llega a nuestros oídos. Desde este punto de vista, la distancia es un factor muy importante en cuanto a su influencia en la intensidad del sonido que percibimos.

La intensidad del sonido se define de forma similar a la de cualquier otro movimiento ondulatorio, es decir, es la energía que por unidad de tiempo atraviesa una unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación del movimiento. Con el fin de comparar las intensidades de dos sonidos se recurre a una unidad de medida llamada decibelio. Por definición, si  $I_1$  e  $I_2$  son las intensidades de dos sonidos, se tiene que  $N = 10 \times \log(I_1/I_2) = N^\circ$  de decibelios. De acuerdo con el sistema de medida en decibelios, una intensidad sonora de 10 decibelios tiene una energía diez veces mayor que una intensidad de 0 decibelios (que casi no se oye), mientras que una intensidad de 20 decibelios representa una energía 100 veces superior a la que corresponde a un sonido de 0 decibelios. Una voz humana, a su volumen normal, tiene una intensidad de unos 60 decibelios, mientras que un avión a reacción que volara a 30 m de altura produciría un ruido del orden de los 140 decibelios, muy cercano al umbral en el que la intensidad del sonido se convierte en dolorosa para el oído humano.

El medio por el que se propagan las ondas sonoras también influye en la intensidad de éstas. Un medio denso es un conductor más eficaz. Por ejemplo, un sonido producido bajo el agua mantiene mejor la intensidad que ese mismo sonido en el aire. Existen, por otra parte, materiales sólidos que conducen el sonido mucho peor

La utilización de ultrasonidos en el campo de la tecnología y la medicina, y como medio de investigación, comenzó durante la I Guerra Mundial y ha seguido desarrollándose hasta nuestros días. El uso de los ultrasonidos permite medir las constantes de propagación (velocidad del sonido, absorción) y los parámetros relacionados (constantes elásticas) con los medios sólidos, líquidos y gaseosos, dentro de un margen de temperaturas muy amplio. Las distintas técnicas artificiales para producir haces homogéneos de ultrasonidos pueden agruparse dentro de dos grandes grupos, que se distinguen por el origen de la energía utilizada para su producción; en efecto, ésta puede ser eléctrica o electromecánica. Entre las aplicaciones técnicas más interesantes están la soldadura de piezas, con o sin material auxiliar, la perforación, que utiliza la acción de un vibrador combinada con un abrasivo para hacer agujeros con formas especiales en piezas frágiles, y el lavado de objetos que requieren un alto grado de limpieza. A la derecha, limpieza industrial con transductores sumergibles.





# Sonora, banda

**E**n 1906, el francés Eugène Lauste, un antiguo colaborador de Thomas Edison, comenzó a interesarse en el proyecto de añadir sonido a las nuevas películas cinematográficas de la época. Su método consistía en fotografiar el sonido sobre el negativo de la película real, de forma que las imágenes y sus sonidos respectivos aparecieran sincronizados. También construyó un proyector especial para reproducir la pista grabada, pero, al no haberse inventado aún el amplificador de audio, no pudo lograr una buena audición.

En 1922, el científico estadounidense Theodore Case consiguió fotografiar las ondas sonoras modulando una llama oxiacetilénica, pero abandonó enseguida sus posibilidades comerciales tras inventar una célula fotoeléctrica. Un año después, también se interesó en las posibilidades del cine sonoro el inventor estadounidense Lee de Forest, quien desarrolló un procedimiento óptico de registro de sonido sobre las películas, conocido con el nombre de *fonofilm*.

La primera película que se estrenó en las salas comerciales con banda sonora sincronizada fue *El cantor de jazz*, protagonizada por Al Jolson en 1927.

En la actualidad, la banda sonora básica, la más utilizada en películas con for-

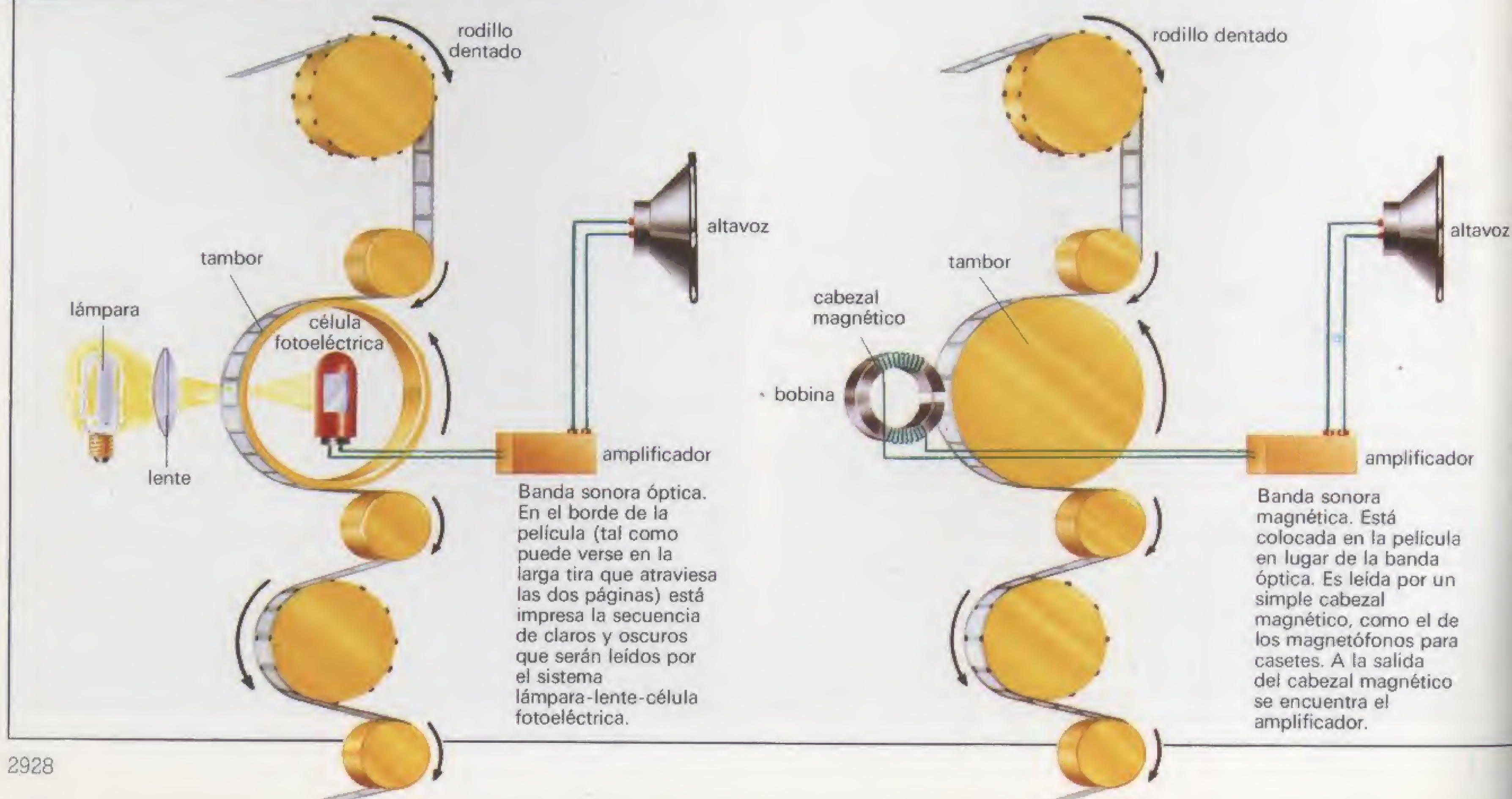
mato de 35 milímetros o comerciales, consiste en una pista para la grabación óptica del sonido, que tiene una anchura de una décima de pulgada (unos 2,5 mm) y está situada entre los fotogramas y los taladros de arrastre de la película.

En el proceso de grabación, el sonido es transformado en señales eléctricas, éstas en luz y la luz en imágenes fotográficas. En el proceso de reproducción se sigue el proceso inverso: la luz es enviada a través de las imágenes fotográficas, transformada en impulsos eléctricos, y éstos en sonido.

**Grabación óptica del sonido** El proceso de grabación de bandas sonoras más usualmente utilizado produce lo que se llama grabación óptica con banda de amplitud variable de los sonidos que acompañan a las imágenes fotográficas. El proceso comienza cuando los micrófonos recogen los sonidos, los convierten en señales eléctricas y los envían a un amplificador. Los impulsos eléctricos pueden ser posteriormente grabados en cinta magnética y sucesivamente transformados en una grabación óptica, o bien pueden ser enviados directamente desde el amplificador al grabador óptico, que realiza sus imágenes fotográficas.

El instrumento fundamental en el grabador óptico es el galvanómetro de espejo, que transforma la corriente eléctrica en un movimiento mecánico. El espejo está colocado en la parte móvil del galvanómetro, que gira como respuesta a los impulsos eléctricos procedentes del amplificador. A su vez, un haz de luz triangular alcanza el espejo y es reflejado a través de una rendija, tras de la cual corre la película que resulta impresionada por dicho haz luminoso. Cuando el espejo se inclina, desplaza la imagen triangular verticalmente, en dirección perpendicular a la rendija. De esta forma las secciones transversales del triángulo luminoso inciden en la rendija según planos variables, por lo que la película resulta impresionada por trazos luminosos de distinta longitud a medida que se va enrollando en la bobina de grabación. Mediante este sistema se obtiene una imagen negativa del sonido, que aparece como un trazo oscuro ondulado en una franja clara de película. Este negativo constituye el original utilizado para el revelado de los positivos sincronizados con la imagen, que se distribuirán a las salas de proyección.

Una posible variante en este tipo de banda sonora es la grabación en banda de densidad variable.







Diversos tipos de banda sonora óptica. A la izquierda, banda de densidad variable, en la que se obtiene una variación de la intensidad luminosa que la atraviesa mediante un ennegrecimiento variable de la película. Sin embargo, un defecto en el revelado implicaría una alteración de la intensidad sonora en la reproducción. Por esta razón se prefiere el tipo de banda con traza de amplitud variable, que a su vez puede ser simple (centro), o doble, para reproducción estereofónica (derecha).

esta forma el ciclo de la reproducción sonora.

Aunque el proceso óptico para la realización de bandas sonoras siga siendo el más utilizado en la industria cinematográfica, algunas bandas utilizan la grabación en cinta magnética. Al igual que en el proceso óptico, las grabaciones en cinta magnética son montadas en las copias para la venta o alquiler de la película y leídas por un proyector adecuado a este tipo de grabaciones.

Véase Célula fotoeléctrica



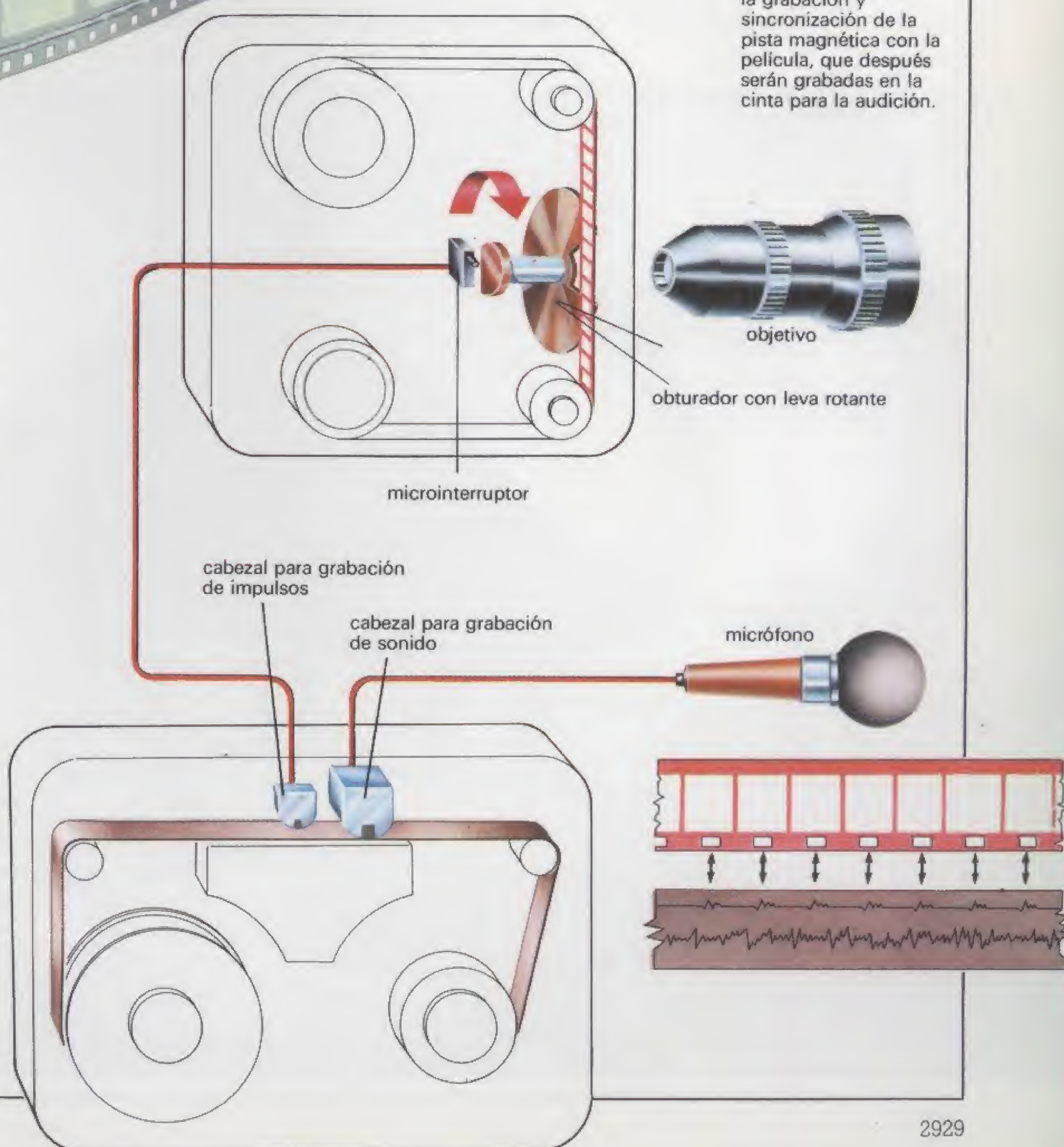
En este último tipo de banda, en lugar de un galvanómetro de espejo se utiliza un relé óptico cuya función consiste en regular la cantidad de luz que impresiona la película. El relé permite obtener una intensidad de luz variable en lugar de una banda de amplitud variable. De esta forma, la imagen sonora aparece como una delgada franja con sombras horizontales de densidad variable.

## Reproducción óptica del sonido

Cuando una copia de película llega al mecanismo de reproducción sonora de un proyector de cine, un haz luminoso pasa a través de la banda sonora. Una parte de la luz es obstaculizada por las zonas oscuras de la banda, corrigiéndose el haz de luz según las variaciones de amplitud o densidad de la imagen sonora fotográfica. Tras atravesar la banda sonora, el haz de luz modulado impresiona la superficie de una célula fotoeléctrica, que transforma la luz recibida en una corriente eléctrica. La cantidad de corriente generada por la célula fotoeléctrica es proporcional a la cantidad de luz recibida.

La siguiente etapa consiste en enviar dicha corriente a un amplificador y de éste a los altavoces, completándose de

Esquema del método utilizado en el cine de aficionados para la grabación y sincronización de la pista magnética con la película, que después serán grabadas en la cinta para la audición.





# Stegosaurus

**L**os estegosáuridos eran unos dinosaurios del orden *Ornithischia*, que habitaron la Tierra desde el Jurásico superior, hace unos 170 millones de años, hasta principios del Cretácico. Su representante más típico era el género *Stegosaurus*, que podía alcanzar hasta ocho metros de longitud. Era un reptil muy llamativo, provisto de grandes placas dorsales dispuestas, alternativamente en dos filas, y con una cabeza muy pequeña en comparación con el gran tamaño de su cuerpo.

Normalmente, el hábitat del *Stegosaurus* era compartido por otros dinosaurios, como los megaloáuridos o los gigantescos braquiosáuridos. Los primeros eran carnívoros de gran tamaño, como el *Megalosaurus*, mientras que los segundos eran herbívoros y habitaban zonas pantanosas, como era el caso del *Brontosaurus*.

**Función de las placas dorsales** El carácter más llamativo del *Stegosaurus* lo constituye la doble fila de placas que poseía en la región dorsal. Eran de origen dérmico, y estaban dispuestas, alternativamente, en dos filas longitudinales. El tamaño de estas placas era variable: las más grandes estaban sobre los flancos traseros, a partir de donde se iban haciendo más pequeñas hacia la cabeza y la cola.

La función de las placas como medio de defensa está prácticamente descarta-

da. Es más probable, sin embargo, que los *Stegosaurus* se defendieran a coletazos, utilizando para ello los dos pares de grandes espinas óseas del final de la cola.

Se ha llegado a la conclusión de que las placas podrían haber desempeñado una función termorreguladora. Posiblemente fueran ricas en vasos sanguíneos, con lo cual existiría un intenso intercambio de calor con el medio.

**Evolución y anatomía** El orden *Ornithischia*, al que pertenecen los estegosáuridos, incluye formas bípedas y cuadrúpedas, estas últimas desarrolladas a partir de las primeras. Los esclidosáuridos constituyen las formas más primitivas de estegosáuridos, y aparecen ya en el Triásico superior de África. El *Scelidosaurus*, del Jurásico inferior, podía alcanzar una longitud de cuatro metros y poseía pequeñas placas en la región dorsal, que aumentaban de tamaño hacia la cola. Estaba adaptado fundamentalmente al régimen herbívoro.

El género *Kentrurosaurus*, del Jurásico superior de África, poseía más espinas dérmicas que el *Stegosaurus*, pero menos placas dorsales.

Diversos caracteres del esqueleto, como el mayor desarrollo de las extremidades posteriores con respecto a las anteriores, sugieren que los estegosáuridos procedían de formas bípedas.

Por otra parte, ha sido posible conocer las características del encéfalo de los *Stegosaurus* gracias a moldes obtenidos de su endocráneo. Del estudio de estos moldes se deduce que el encéfalo tenía un volumen muy reducido, y se pueden apreciar marcadas expansiones de la médula espinal en las regiones braquial (cercana a las escápulas) y sacra (sobre la pelvis). En un principio se pensó que podía tratarse de "encéfalos secundarios". En realidad, estas expansiones de la médula conducen impulsos nerviosos involuntarios, lo que hace suponer que los *Stegosaurus* eran autómatas: en su comportamiento predominaban los reflejos involuntarios sobre los actos voluntarios.

Otro rasgo característico del cráneo de los *Stegosaurus*, y en general de todos los *Ornithischia*, es que carecían de dientes en los premaxilares, y los que se encontraban en los maxilares estaban adaptados al régimen herbívoro. Debían, pues, alimentarse de herbáceas, ya que sus características anatómicas no les permitían erigirse para alcanzar plantas altas.

Los *Stegosaurus* se extinguieron hace unos ciento veinticinco millones de años, a principios del Cretácico; permanecieron, por lo tanto, unos cincuenta millones de años sobre la Tierra.

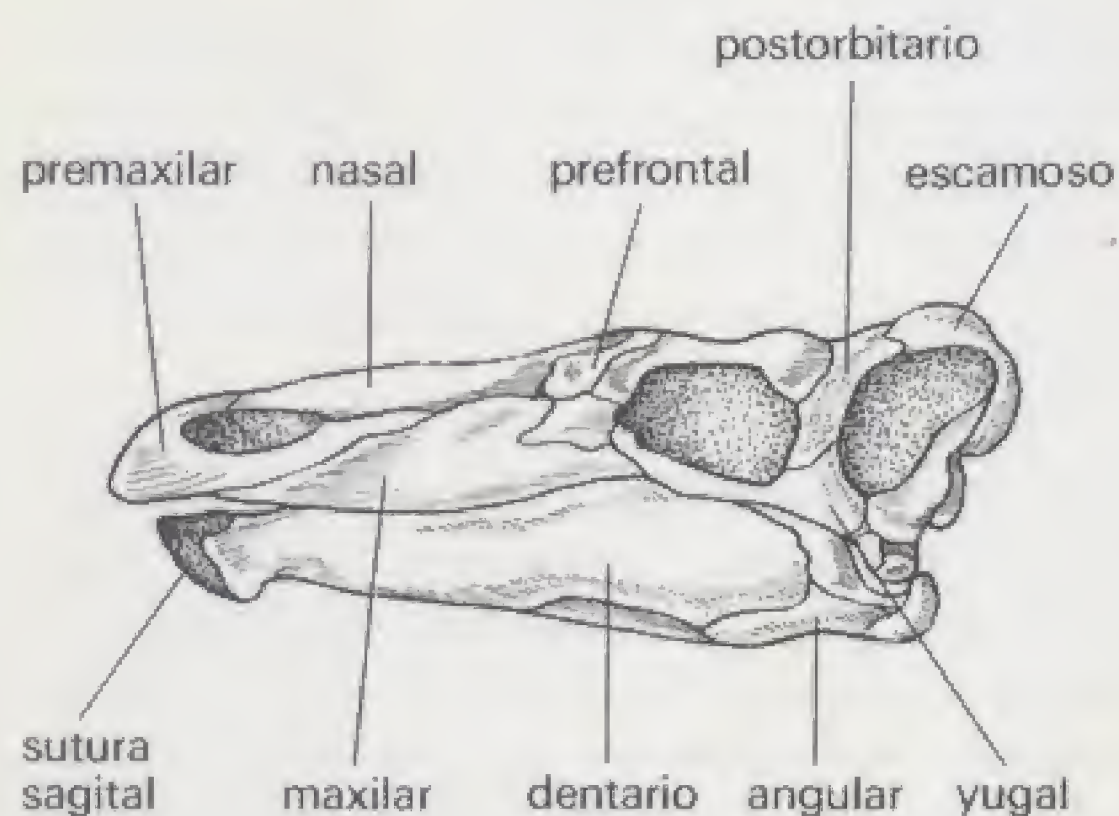
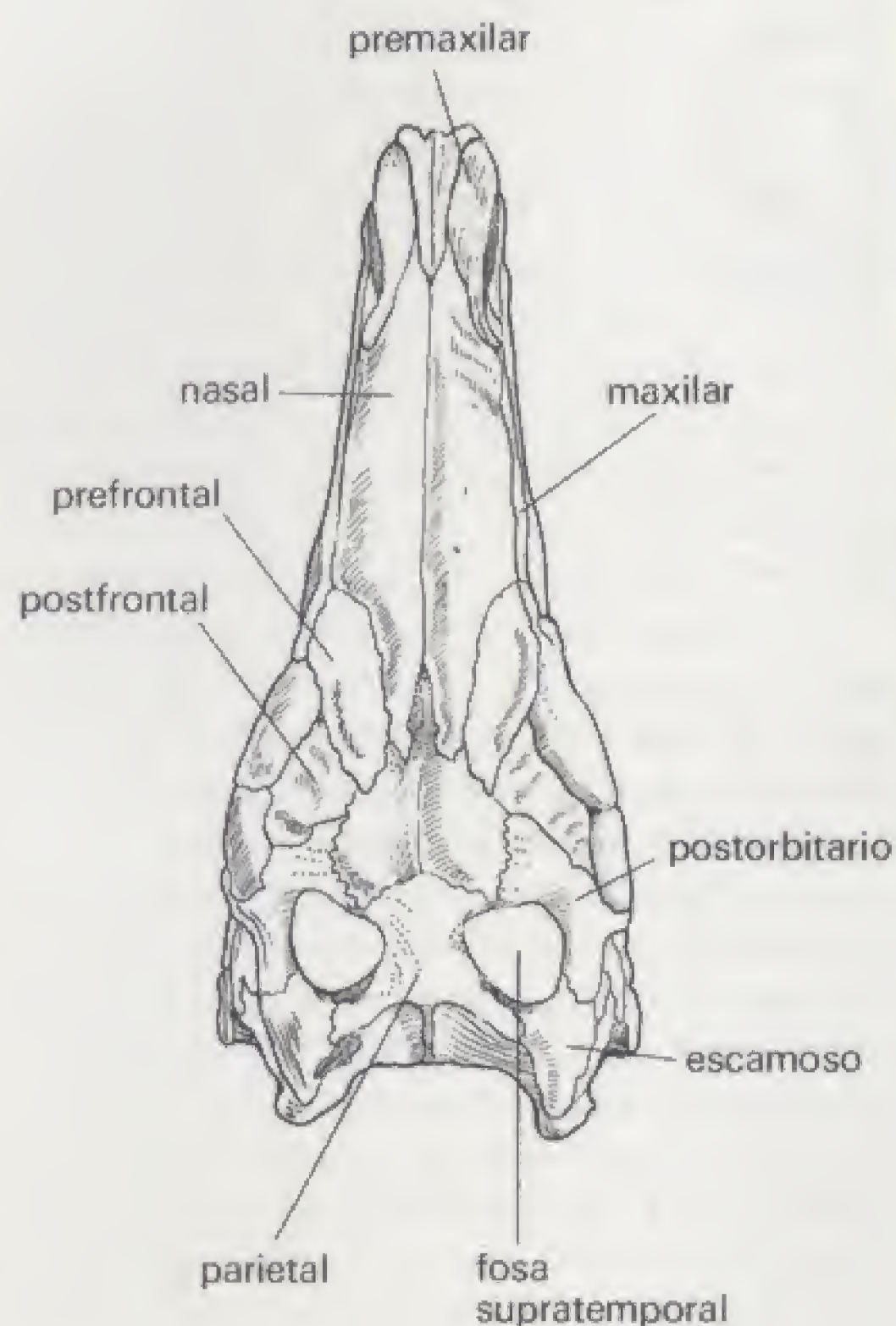
Véase Dinosaurios; Mesozoica, era





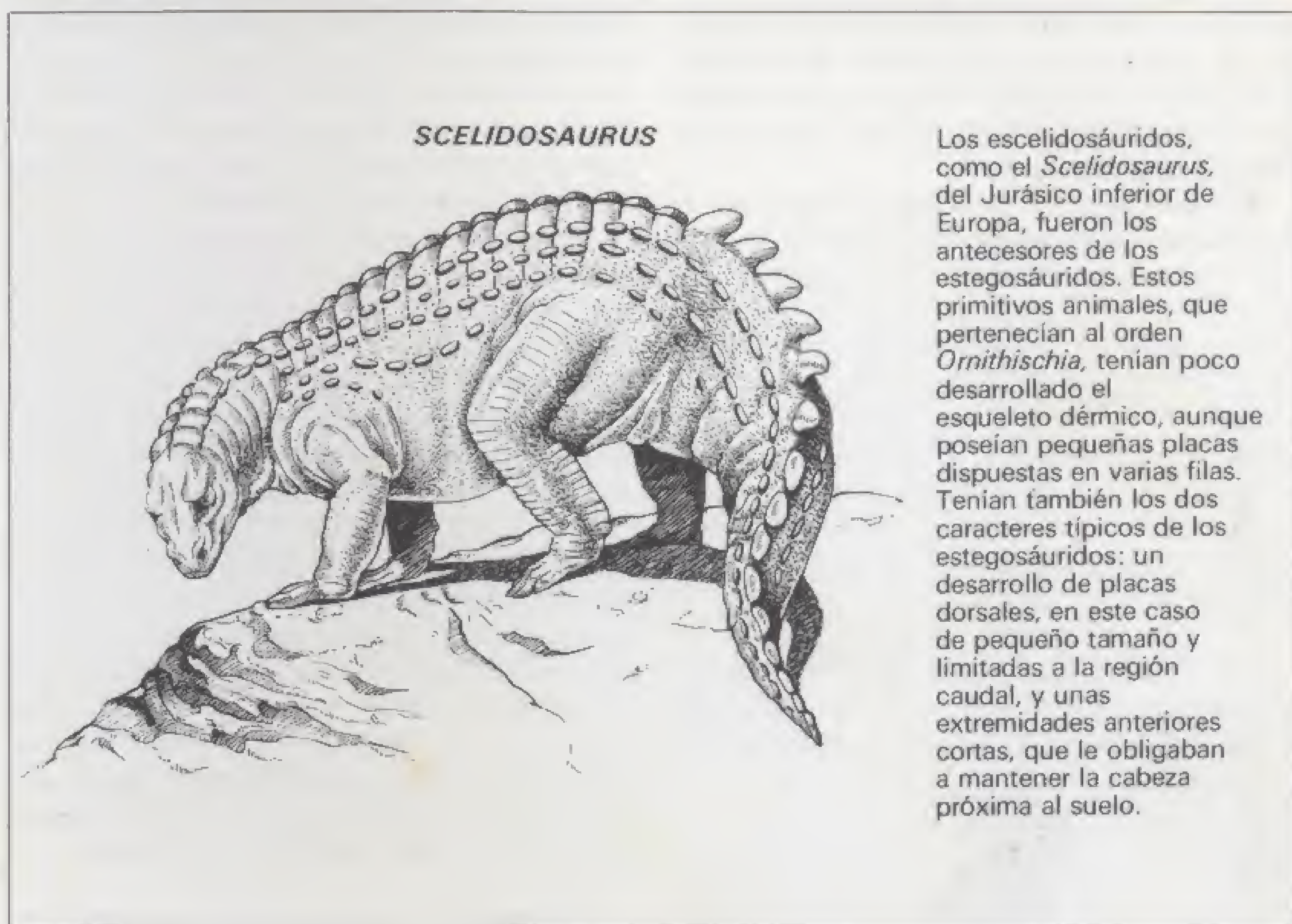
A la derecha, esqueleto de *Kentrurosaurus*, del Jurásico superior, perteneciente al suborden de los estegosáuridos. Es de menor tamaño que el

*Stegosaurus*, posee menor número de placas dorsales que éste y mayor número de espinas dérmicas de gran tamaño para la defensa.

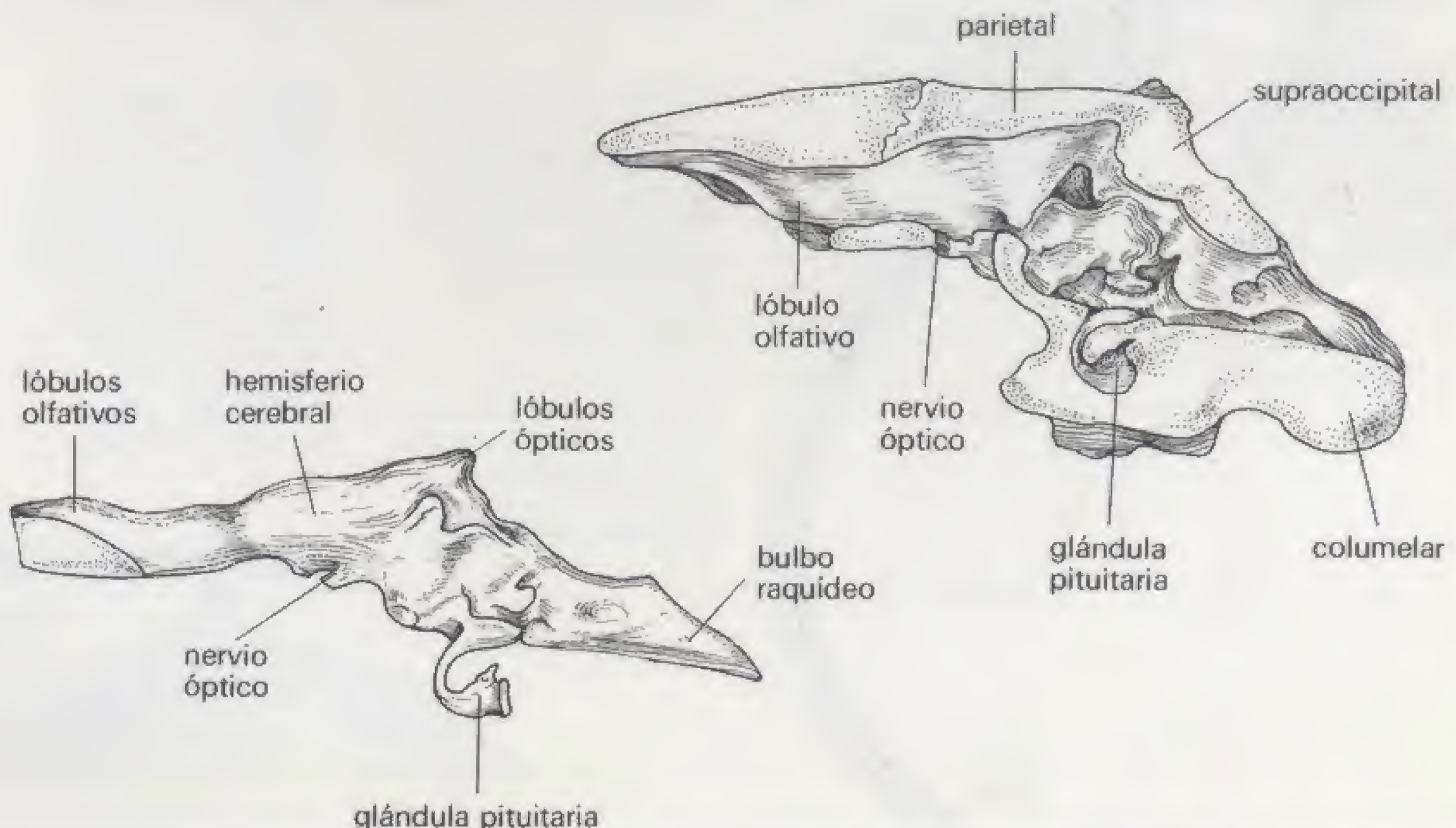


En la página anterior, abajo, reproducción del hábitat de algunos dinosaurios: el *Diplodocus*, de unos 30 m de longitud, que se alimentaba de vegetación subacuática; el *Brontosaurus*, de unos 18 m de largo; el *Brachiosaurus*, adaptado a la vida acuática, que erguido media unos 12 m de altura y presentaba una protuberancia en el cráneo; y el *Stegosaurus*, con las dos filas de grandes placas dorsales. Sobre estas líneas, un cráneo de *Stegosaurus* visto de perfil (abajo), y por su cara inferior

(arriba). A la derecha, arriba se muestra la estructura del encéfalo en sección sagital, incluida en los huesos del cráneo. Bajo ésta, una reproducción del encéfalo, basada en el molde obtenido de la parte interna del cráneo. El cerebro era de un tamaño muy pequeño, aunque el lóbulo olfativo y la glándula pituitaria habían adquirido un gran desarrollo. Los *Stegosaurus* poseían grandes expansiones de la médula espinal a la altura de las cinturas escapular y pélvica.



Los scelidosáuridos, como el *Scelidosaurus*, del Jurásico inferior de Europa, fueron los antecesores de los estegosáuridos. Estos primitivos animales, que pertenecían al orden *Ornithischia*, tenían poco desarrollado el esqueleto dérmico, aunque poseían pequeñas placas dispuestas en varias filas. Tenían también los dos caracteres típicos de los estegosáuridos: un desarrollo de placas dorsales, en este caso de pequeño tamaño y limitadas a la región caudal, y unas extremidades anteriores cortas, que le obligaban a mantener la cabeza próxima al suelo.





# Submarinismo

**D**espués de la II Guerra Mundial, cuando se inventó el primer aparato para la inmersión subacuática, se abrió para el hombre un mundo nuevo y excitante. Por primera vez los seres humanos podían imitar a los peces, descender bajo la superficie del agua y observar el mundo submarino a través de una máscara de goma y cristal, respirando mediante un tubo de goma conectado a unos depósitos de aire.

Los primeros pasos hacia la conquista del mundo submarino se dieron durante los años treinta con la invención de la máscara de bucear. Esta consiste en un cristal montado en una máscara de goma que se ajusta perfectamente al rostro, de forma que no deje pasar el agua y permita una visión nítida. El submarinista puede respirar a través de un tubo de goma cuya parte inferior es curva, de forma que pueda ser introducida en la boca. De esta forma, puede observarse el fondo marino manteniéndose cerca de la superficie, de manera que el tubo respiratorio se mantenga siempre fuera del agua. De todos modos, si se tiene práctica en el control de la respiración, es posible descender, tras tomar aire, hasta diez o doce metros de profundidad y permanecer allí durante más de un minuto.

Sin embargo, la verdadera clave de la inmersión submarina fue la invención de una válvula reguladora que suministraba el aire de un depósito de aire comprimido a la misma presión del agua circundante. Un oficial de la marina francesa, el comandante Jacques Yves Cousteau, contribuyó a experimentar y perfeccionar este sistema, logrando, además, dar a conocer y popularizar el mundo submarino mediante innumerables películas, programas de televisión y libros.

**Un éxtasis fatal** Aventurarse en las profundidades marinas no es tan fácil como parece a primera vista. Millones de

personas gozan de las maravillas del mar sin alejarse de la superficie del agua y utilizando, para ello, un simple tubo para la respiración; sin embargo, sumergirse en las profundidades durante largos periodos de tiempo, respirando con escafandra autónoma, es una experiencia reservada a pocas personas. No se requieren excepcionales dotes psicofísicas, pero los submarinistas deben someterse a severos entrenamientos.

Dos aspectos de la inmersión en profundidad son particularmente peligrosos. Una inmersión prolongada, a una profundidad de más de 75 m, puede provocar en los buzos una embolia gaseosa, que es extremadamente dolorosa y, en ocasiones, puede resultar fatal. El nitrógeno que absorbe el flujo sanguíneo, por efecto de la presión, empieza a formar burbujas en la sangre si la ascensión a la superficie se realiza demasiado bruscamente. Sólo se puede efectuar una subida segura si se realiza escalonadamente y se espera en profundidades preestablecidas para permitir la "descompresión", es decir, para adaptar el organismo a presiones inferiores según se vaya acercando a la superficie. La marina de EE UU ha confeccionado unas tablas de descompresión que indican el tiempo necesario de espera según la profundidad de la inmersión.

En profundidades superiores a los 45 m, el buceador puede verse sometido a una especie de narcosis conocida como "euforia" o "éxtasis de la profundidad". También en este caso el culpable es el nitrógeno. El buzo, enajenado, llega a hacerse la ilusión de ser omnipotente: cree poder sumergirse a profundidades mucho mayores y respirar en el agua quitándose la escafandra. El único remedio es subir a menor profundidad. La narcosis por nitrógeno es uno de los principales motivos que aconsejan efectuar la inmersión "por parejas", es decir, acompañado por otro buceador. Un sistema para prevenir la narcosis consiste en mezclar helio con el aire del depósito, en lugar de nitrógeno, lo que resulta bastante complejo y costoso.

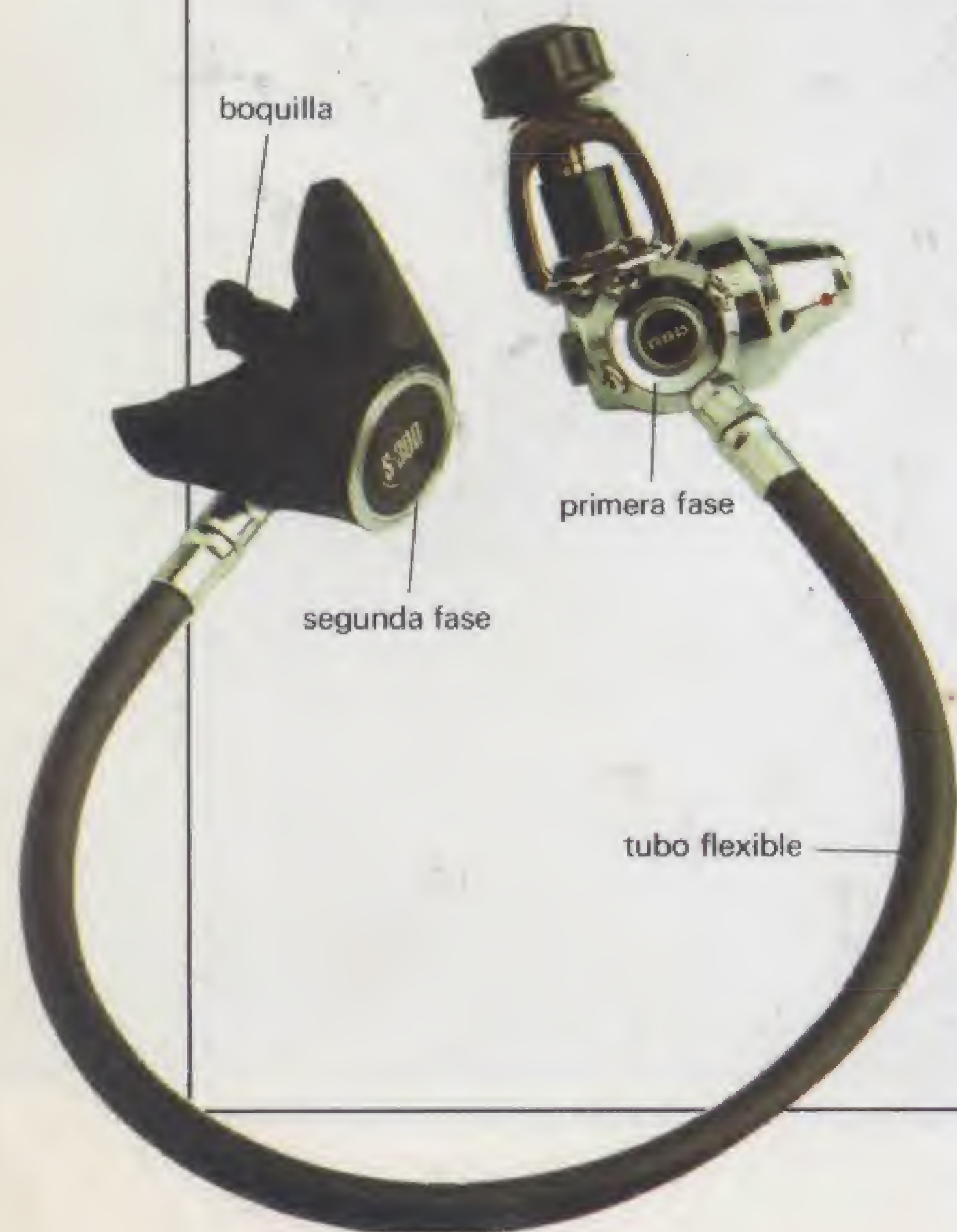
**El equipo** La mayoría de los equipos de respiración permite a los buzos dos ho-

ras de inmersión, en las que se incluye el tiempo necesario para subir escalonadamente a la superficie siguiendo las mencionadas tablas de descompresión. Sin embargo, se sigue trabajando sobre un sistema que ya ha permitido aumentar el tiempo de inmersión y evitar la emisión de burbujas que delatan la presencia del buceador, lo que tiene una inmediata aplicación, sobre todo, en operaciones militares. Este sistema consiste en la purificación y reciclaje del aire aspirado mediante una sustancia química, la sosa cáustica, que absorbe el dióxido de carbono de la espiración. Después, este gas pasa por un saco de respiración en el que se mezcla con el oxígeno de una bombona. Este tipo de equipo submarino es conocido como regenerador de oxígeno o sistema de regeneración, y puede prolongar los tiempos de inmersión durante varias horas.

El equipo de buzo comprende, además de la escafandra, un traje de protección para el frío y los golpes; aletas de varias longitudes, que permiten un mayor empuje; plomos estabilizadores atados a la cintura; reloj e indicador de profundidad; tabla metálica con los valores de la descompresión y otros instrumentos que pueden colocarse en la muñeca; un cuchillo en una funda sujeta a la pierna y, finalmente, un salvavidas que se puede inflar con el mismo aire de las bombonas y poner en funcionamiento con un cordón, facilitando así una emersión rápida en caso de peligro o de fallo de los instrumentos.

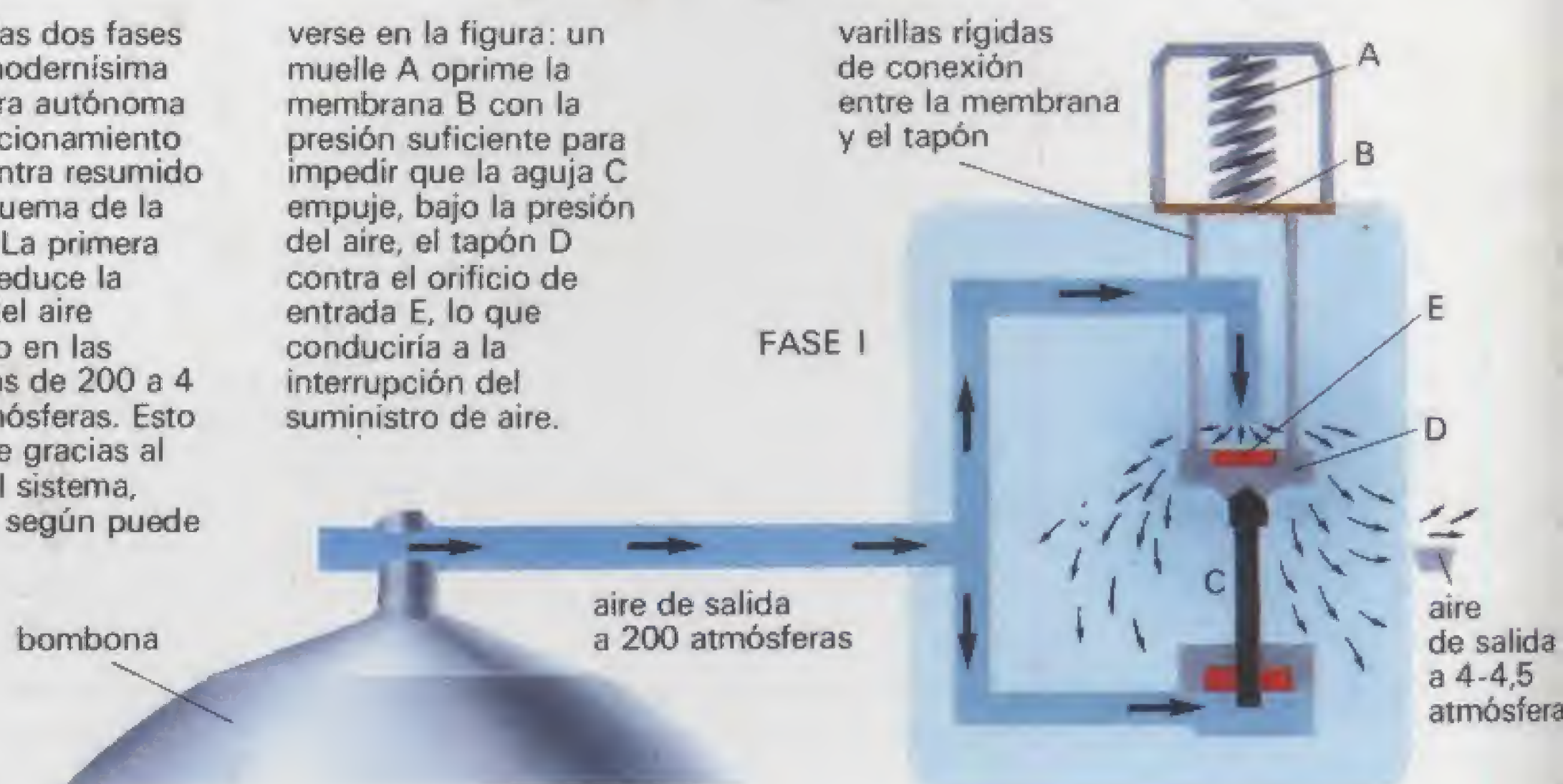
**Tesoros sumergidos** La inmersión submarina con equipo de respiración autónomo no solamente ha abierto nuevos horizontes para los amantes de la Naturaleza y de la pesca submarina, sino también una amplia gama de posibilidades comerciales y arqueológicas.

Una de las actividades más ventajosas en este sentido es la de las recuperaciones submarinas, ya sea con fines comerciales o para la búsqueda de antigüedades. Cientos de buzos han explorado los restos de las naves de suministro torpedeadas por los submarinos alemanes durante la II Guerra Mundial; han buscado y encontrado tesoros desaparecidos con los

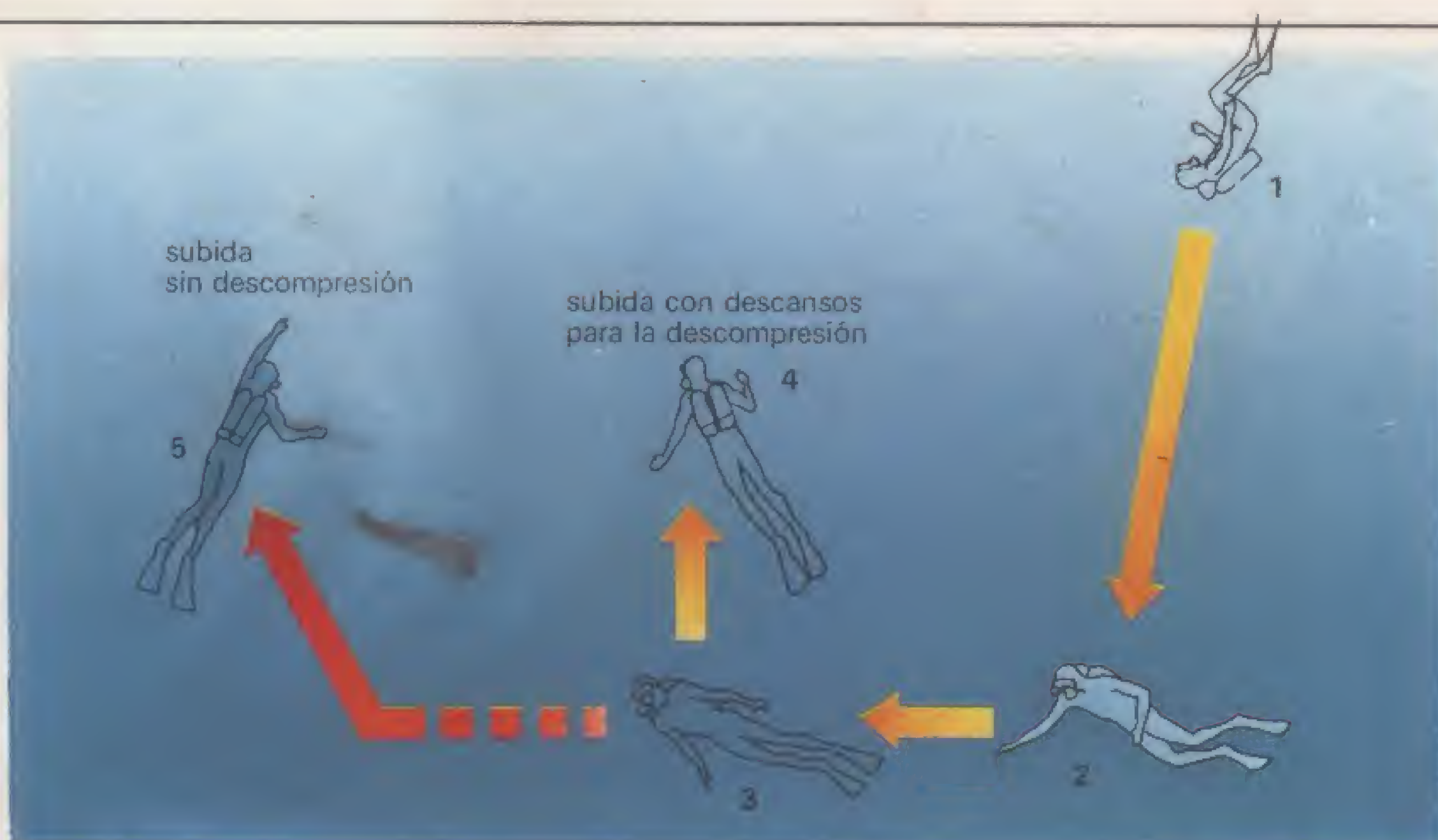


Al lado, las dos fases de una modernísima escafandra autónoma cuyo funcionamiento se encuentra resumido en el esquema de la derecha. La primera fase (I) reduce la presión del aire contenido en las bombonas de 200 a 4 ó 4,5 atmósferas. Esto es posible gracias al ajuste del sistema, obtenido según puede

verse en la figura: un muelle A oprime la membrana B con la presión suficiente para impedir que la aguja C empuje, bajo la presión del aire, el tapón D contra el orificio de entrada E, lo que conduciría a la interrupción del suministro de aire.







En algunos países, el desarrollo de la inmersión con respirador ha impulsado la creación de parques nacionales submarinos, en los que los turistas, provistos de máscaras y tubos para la respiración, pueden observar, sin ningún peligro, las maravillas del mundo submarino, y, entre ellas, las innumerables y sorprendentes formaciones coralinas y la fauna marina, con su gran diversidad de especies, de todos los tipos y colores. La Gran Barrera Australiana de arrecifes coralinos, por ejemplo, es una reserva de fauna y flora marinas con una sorprendente variedad de corales, moluscos y peces. El primero y más famoso de estos parques fue creado en los años cincuenta en las aguas de St. Thomas, en las Islas Vírgenes.

Véase **Arqueología; Oceanografía**

galeones españoles, hundidos hace siglos por las tormentas o por naves piratas inglesas cuando volvían de México o de Perú, y hasta se han dedicado a la búsqueda de joyas y tesoros artísticos, presuntamente atrapados en transatlánticos hundidos como el *Lusitania*, el *Andrea Doria* o el *Titanic*.

Los equipos de submarinistas del comandante Cousteau han recuperado también valiosos tesoros arqueológicos, procedentes de los barcos hundidos hace siglos en el Mediterráneo y en el Egeo. Con el *Calypso*, un barco equipado especialmente para la investigación submarina, Cousteau ha navegado por aguas de todo el mundo, llevando a la práctica no sólo valiosos proyectos de rescate de tesoros arqueológicos, sino también, y fundamentalmente, de investigación sobre la zoología y biología marinas.

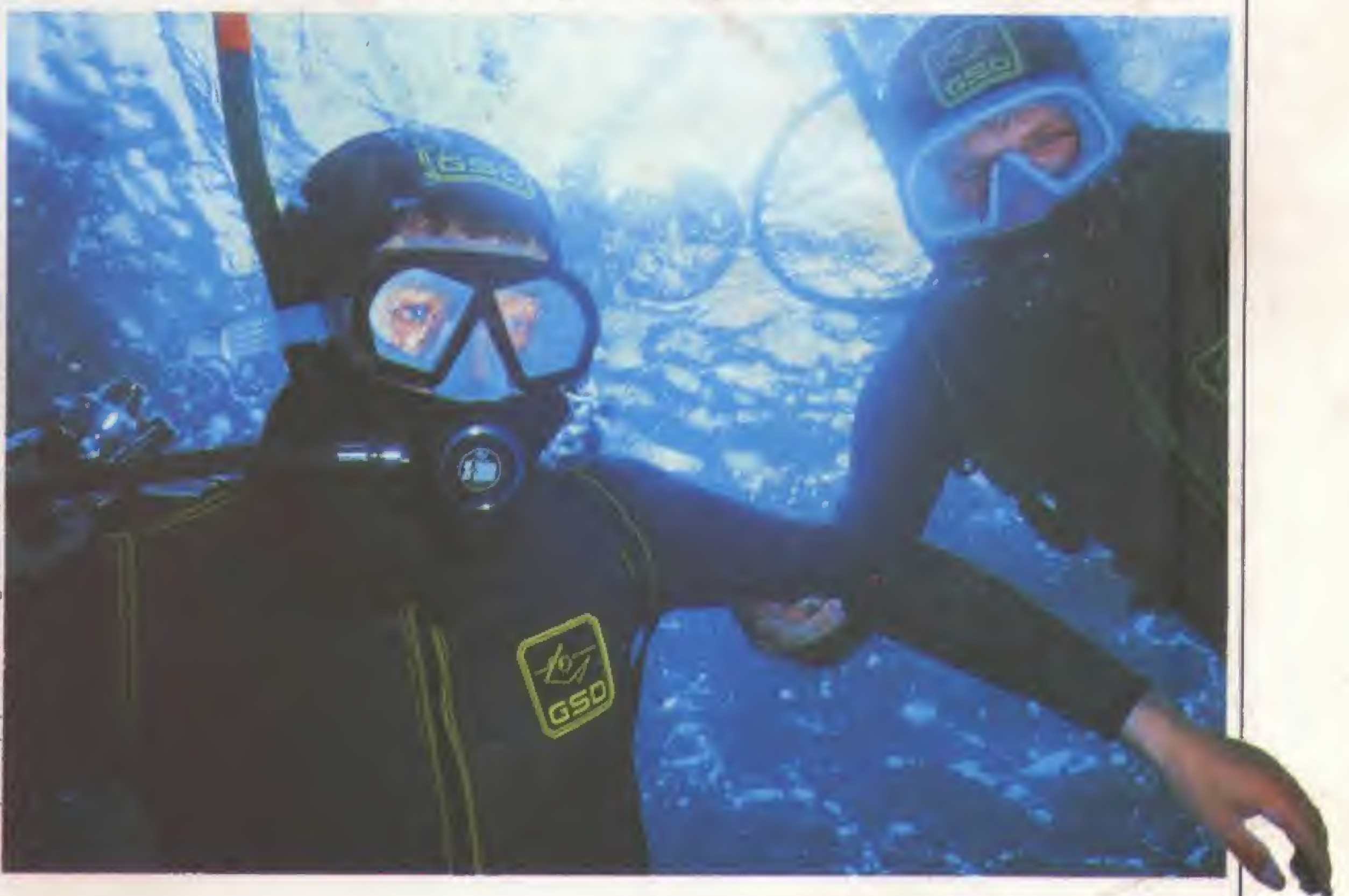
La mayor parte de los proyectos de búsqueda, rescate o investigación submarina, que tienen lugar en nuestro planeta, son coordinados por el Grupo de Búsqueda Submarina de Tolón, y por el Centro para los Estudios Marinos Avanzados de Marsella, ambos fundados por Cousteau en Francia. La Unidad de Inmersión Experimental de Washington, fundada por la marina de Estados Unidos, ha sido también pionera en este campo.

En el momento de la inmersión, la presión interior del buceador y la del ambiente exterior son iguales (1); cuando alcanza profundidad, la interior es menor (2), pero

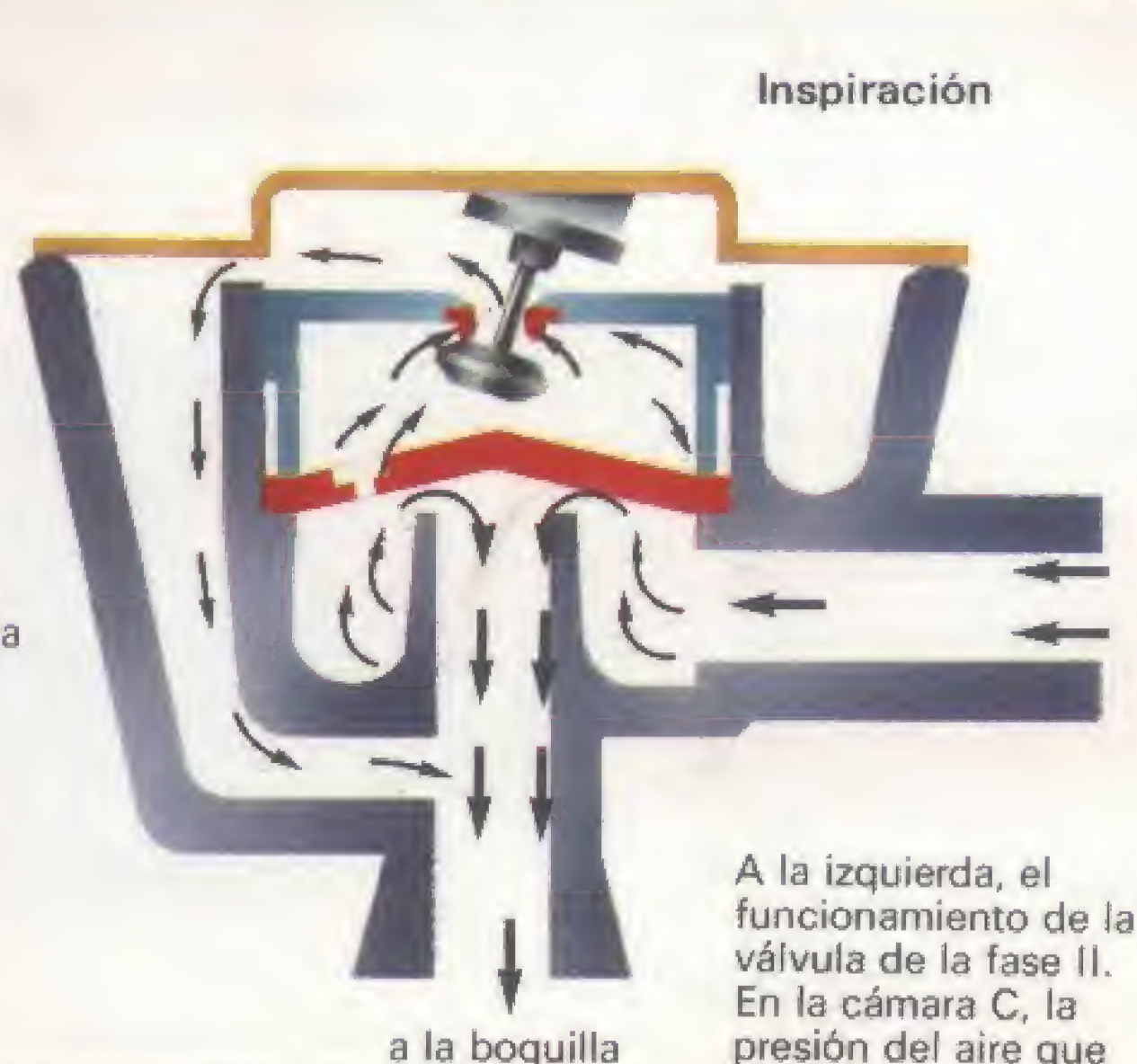
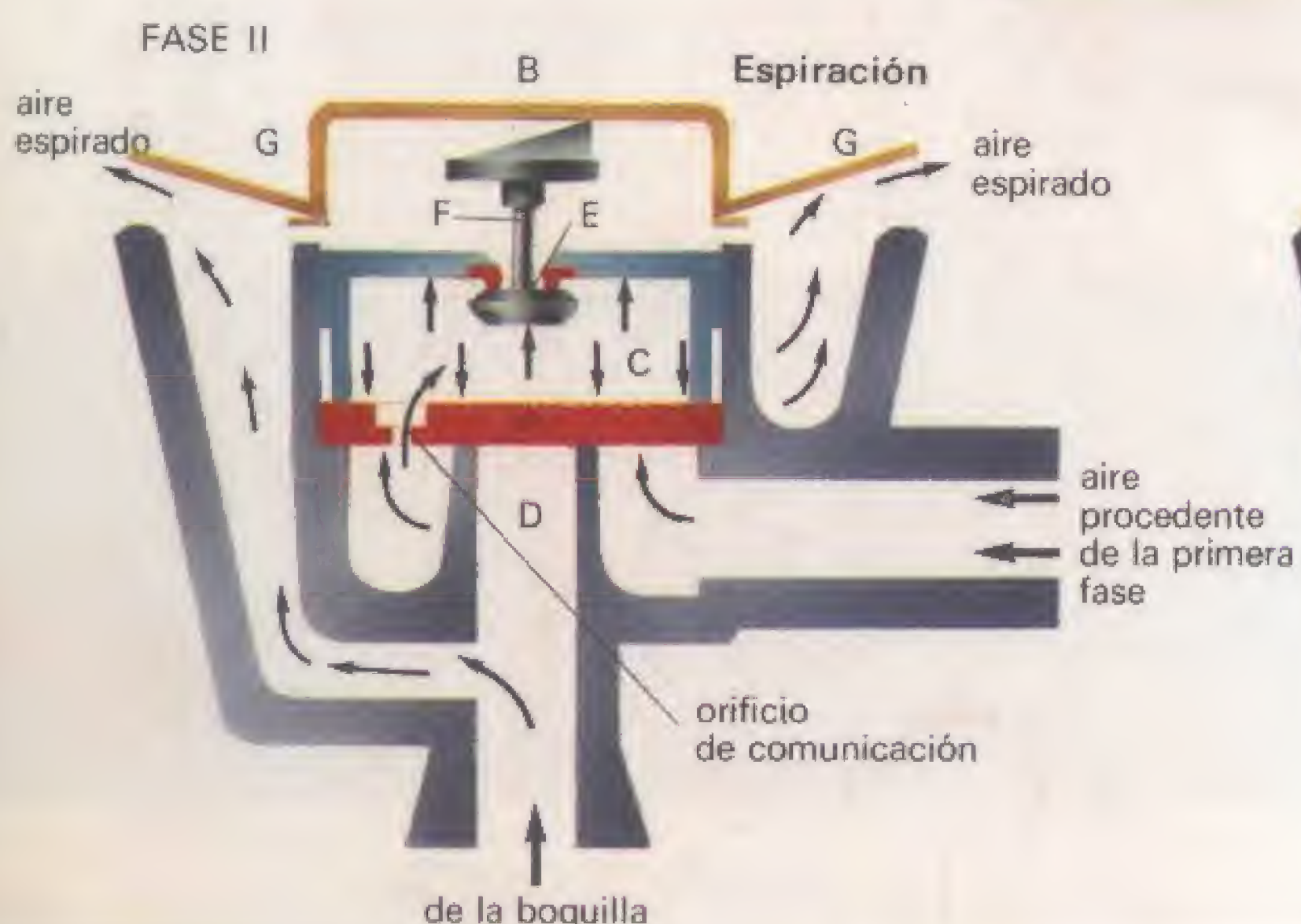
lentamente se restablece el equilibrio (3). Cuanto más larga y profunda es la inmersión, mayor es la cantidad de nitrógeno respirado y disuelto en la sangre; por lo tanto,

el buzo deberá subir gradualmente según las tablas de descompresión (4) para evitar el peligro de una embolia gaseosa (5), ya que, desgraciadamente, el nitrógeno se libera

muy lentamente en nuestro organismo y lo hace justamente en relación a la presión exterior. En la imagen, dos buzos en inmersión con escafandra autónoma.



GSD Sport Equipments, Avegno-Italia; foto Matteucci-Fabbri

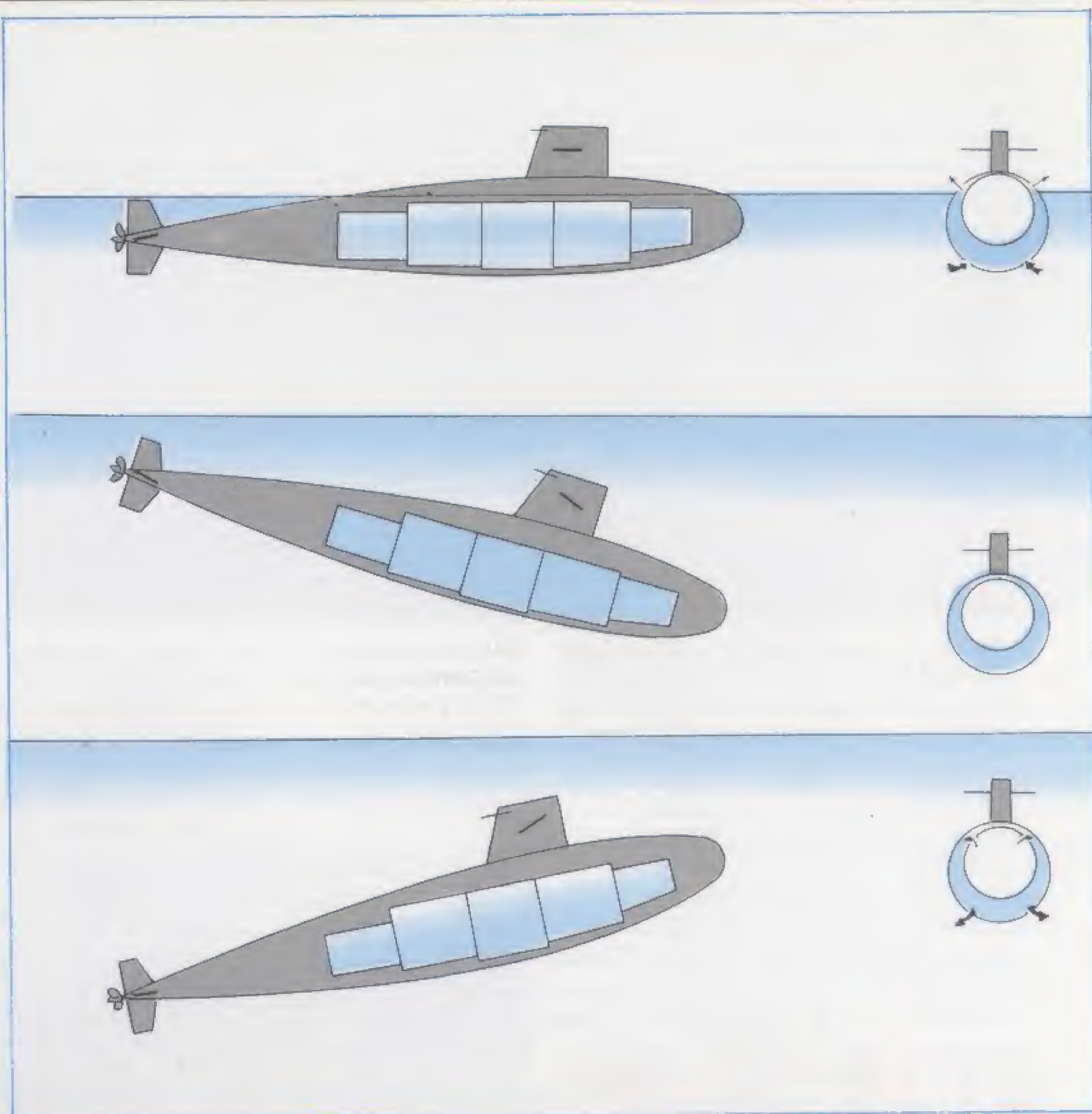


procede de la fase I es uniforme en todas las paredes y, por lo tanto, las membranas A y B cierran respectivamente el conducto D y el orificio E mediante la válvula F. El aire espirado por el buzo sale levantando la membrana G. Al inspirar el aire hace funcionar el suministrador: baja B, G cierra la salida al exterior, F abre el orificio E, y A se comprime hacia arriba por la caída de la presión y por el empuje directo del aire que atraviesa la boquilla.



# Submarino

La idea de un buque equipado para la navegación submarina alcanzó un gran atractivo durante el siglo XVIII, llegando a registrar hasta catorce patentes sólo en Gran Bretaña. Sin embargo, la primera acción naval de este género fue la del *Turtle*, inventado por el estadounidense Bushnell, que en 1776 intentó hundir, sin conseguirlo, un buque británico en la bahía de Boston. Otro gran precursor fue Robert Fulton, un estadounidense creador de un submarino al que bautizó con el nombre de *Nautilus*, y que se servía de una vela para desplazarse en superficie y era movido con remos durante la inmersión. En 1859 y 1864, el español Narciso Monturiol realizó varias experiencias con su submarino *Ictíneo*. Fue en este último año, el día 17 de febrero, cuando tuvo lugar el primer éxito militar de los submarinos en la bahía de Charleston: la corbeta nordista *Housatonic* fue hundida por un torpedo lanzado por el submarino confederado *Hundley*, que también se fue a pique alcanzado por la explosión. En 1880, el inventor Nordenfelt patentó un submarino de vapor que utilizaba ya un tubo lanzatorpedos. También aparecieron en ese decenio los submarinos con motores eléctricos: el *Gymnote*, del francés Gustave Zédé, el de los británicos Campbell y Ash y el del español Isaac Peral (1888). A partir de este momento, los submarinos pasaron a la fase industrial, y las primeras naves operacionales entraron en funcionamiento a finales de siglo: el *Plunger*, de 140 tm, diseñado por el estadounidense John P. Holland, en 1897, y el *Holland 8*.



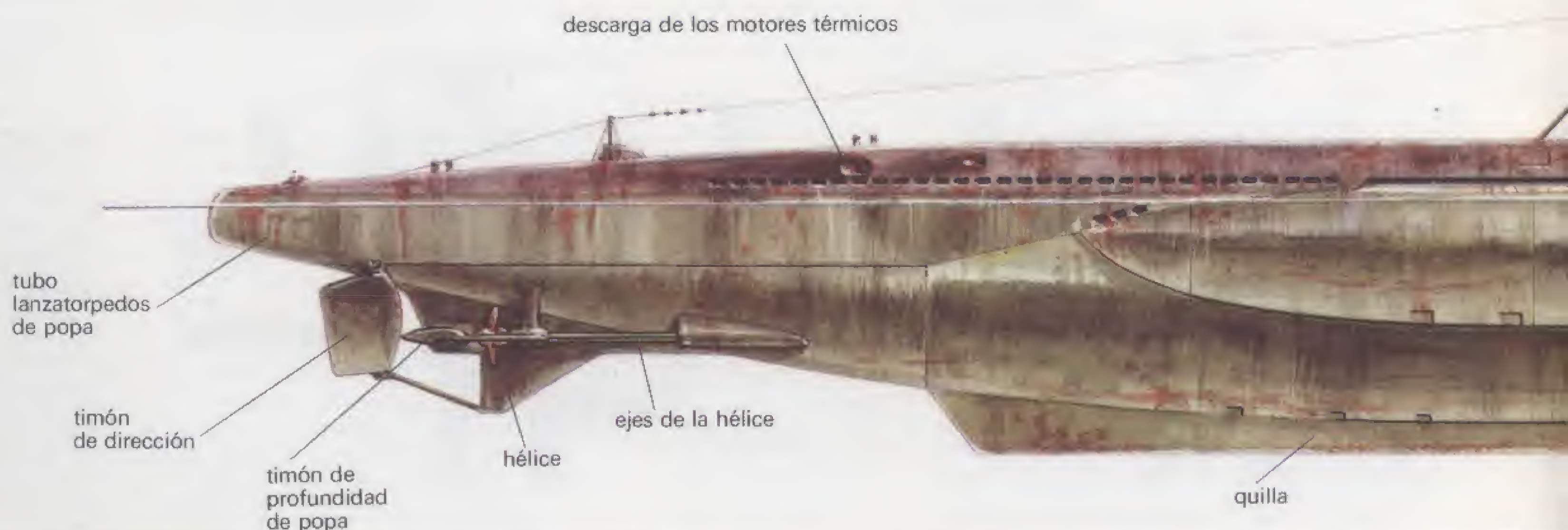
**Tecnología del submarino** En la actualidad, el submarino es un buque de compartimiento completamente estanco, capaz de resistir altas presiones. Su flotabilidad es positiva y para sumergirlo es necesario inundar unos tanques situados en ambas bandas. Para la emersión deben ser vaciados los tanques, lo que se consigue mediante la inyección en ellos de aire comprimido. Además del timón vertical de dirección, lleva dos timones horizontales, uno en la cola y el otro en el morro o en la torreta.

Sobre estas líneas, esquema general del funcionamiento de un submarino. Arriba, el buque navega en superficie e inicia la maniobra de inmersión dejando salir aire de los tanques, que al mismo tiempo comienzan a llenarse de agua haciéndole aumentar de peso. En el centro, los tanques están casi llenos y el

submarino, que ya se encuentra debajo del agua, puede modificar su inclinación longitudinal y la cota de inmersión regulando la cantidad de agua embarcada en los diversos tanques y actuando sobre los timones horizontales colocados a popa y a los lados de la torreta. Abajo, para emerger, el submarino introduce

aire comprimido en los tanques, expulsando así el agua introducida en la maniobra de inmersión. La variación consiguiente de peso permite la salida a la superficie del buque, que puede acelerarse y controlarse con el empleo de los timones horizontales. A la derecha, en la página siguiente, el submarino francés

*Narval*, de 1896, del que proceden los buques empleados en las dos guerras mundiales. Abajo, el submarino más conocido de la II Guerra Mundial, el alemán tipo "VII" que, entre 1936 y 1944, fue el protagonista de la batalla del Atlántico, empleando la famosa táctica de las "manadas de lobos".



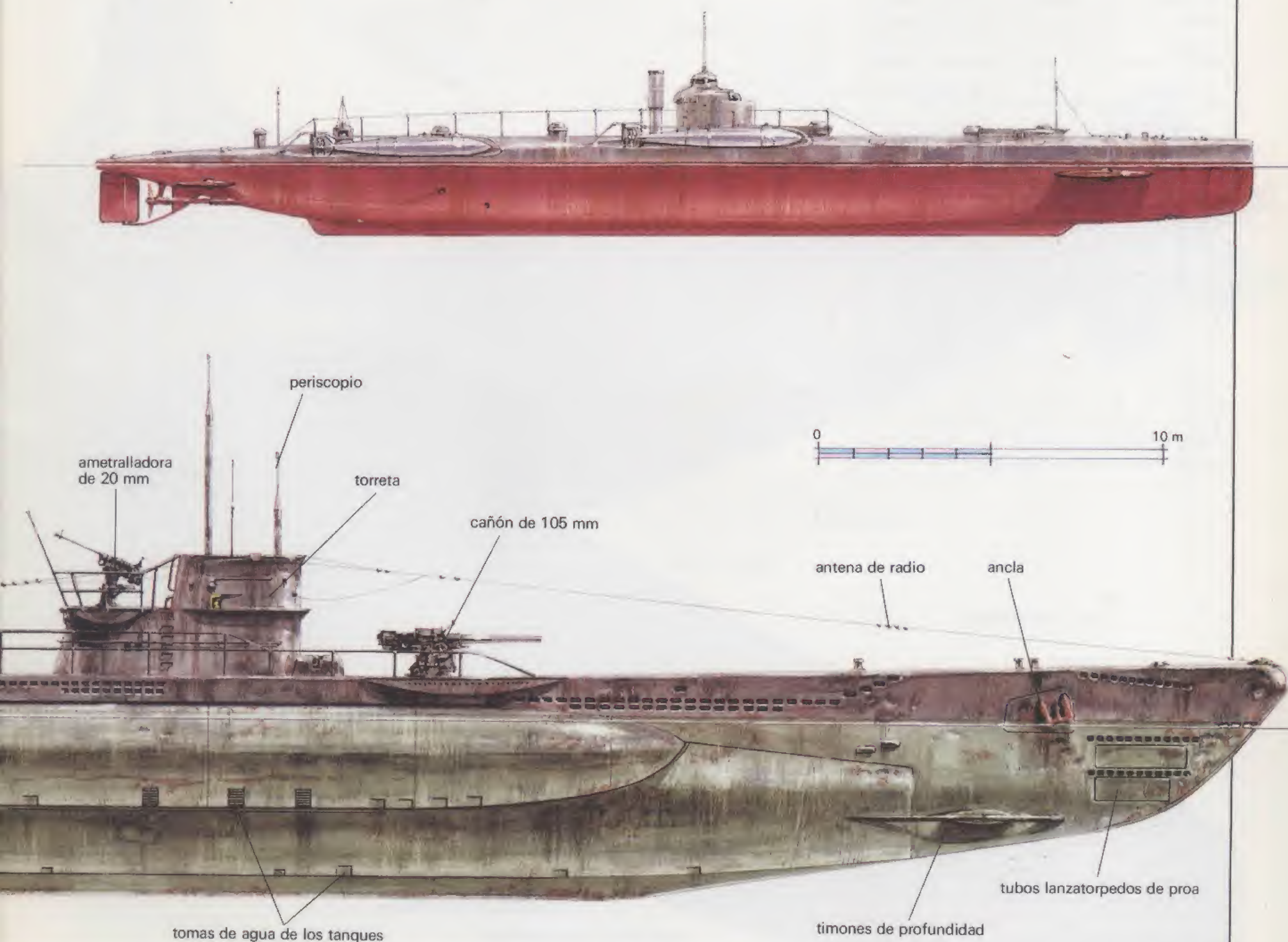


La forma actual de los submarinos es fusiforme, con sección circular algo achata-da por los lados. Están provistos de dos cascos, entre los que están situados los tanques de lastre. La forma del submarino ha ido cambiando con el tiempo, pero la distribución de su espacio sigue siendo la misma: cámara de torpedos a proa, pue-sto de mando y navegación en el centro, dormitorios entre ambos y motores en la mitad posterior del casco. Fuera de la nave se proyectan, además del *schnorkel*, la antena y dos periscopios: el de obser-vación y el de ataque, este último más re-ducido y escamoteable. La cota de actua-ción del submarino es de unos 20 m de profundidad, que es la longitud máxima que alcanza el tubo del periscopio.

**Las dos guerras mundiales** La aplica-ción bélica del submarino había sido in-tuida desde el primer momento y, con ex-cepción de Monturiol y del estadounidense Simon Lake, todos los inventores ha-bían dirigido sus esfuerzos en ese senti-

do. Sin embargo, la época gloriosa del submarino fue la I Guerra Mundial, duran-te la cual los *U-boote* alemanes, capaces ya de operar eficazmente a gran distancia de sus bases, ejercieron un bloqueo tan tenaz a Gran Bretaña que, en un momento dado del conflicto, pusieron al país al bor-de del colapso económico e industrial. La II Guerra Mundial constituyó una afirma-ción del submarino como arma estratégi-ca: alemanes y estadounidenses, sobre todo, hicieron uso de sus buques para golpear con dureza las líneas de abasteci-miento marítimas angloestadounidenses, en el Atlántico, y japonesas, en el Pacífico, respectivamente, obteniendo importantes resultados. Sólo el empleo por parte de los aliados de un gran número de naves y aviones dotados de las más eficaces ar-mas antisubmarinas del momento, consi-guió mantener a raya a los *U-boote*, a pe-sar de que éstos habían mejorado sensi-blemente sus características. El más utili-zado y mejor logrado de todos los subma-rinos que estuvieron en servicio durante

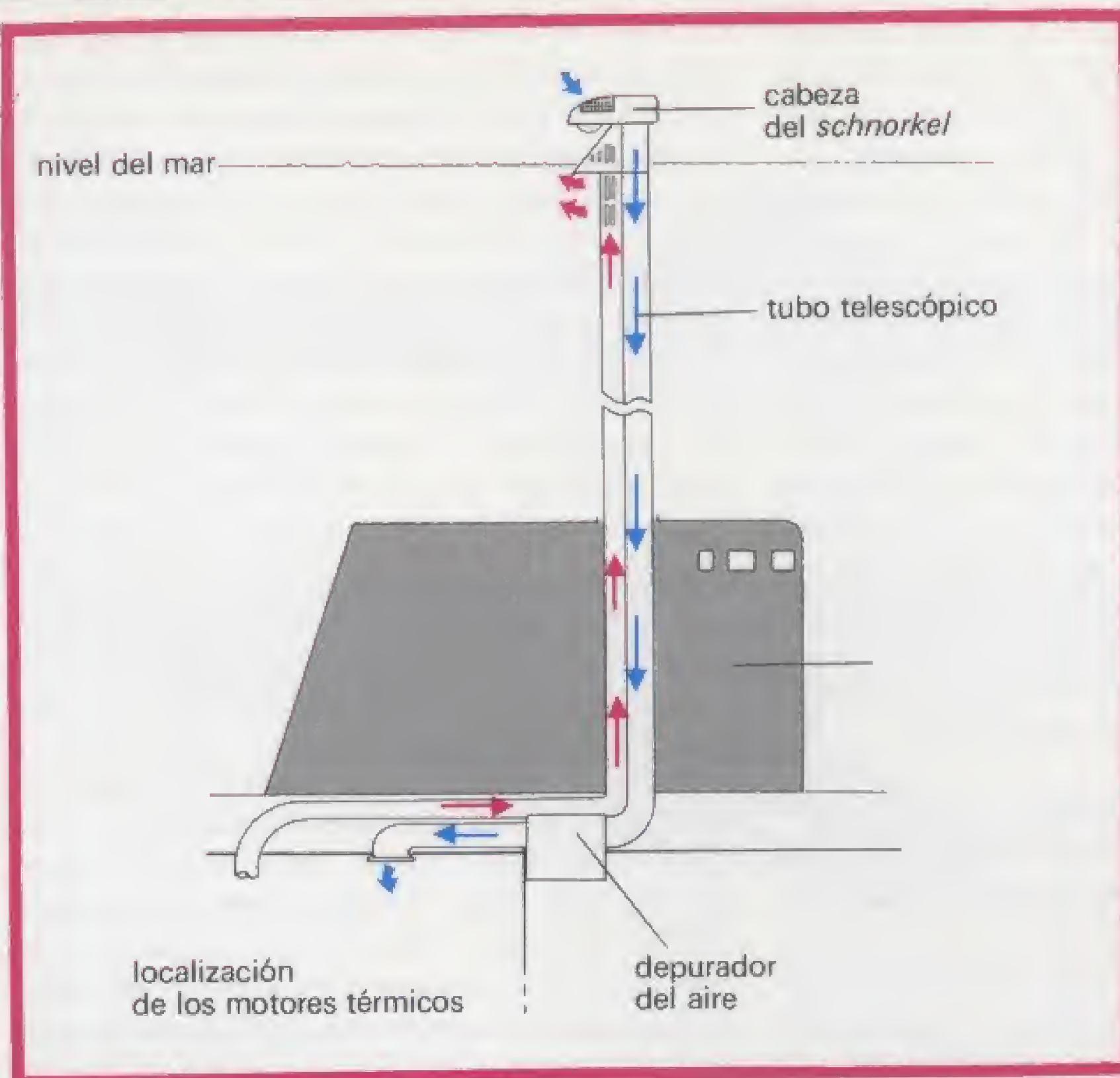
la II Guerra Mundial, fue el tipo "VII" ale-mán, del que, en diversas versiones, fue-ron construidas más de 700 unidades. Se trataba de un buque de unas 1.000 tm de desplazamiento en inmersión, 66 m de es-lora y capaz de sumergirse hasta casi 200 m de profundidad. Tenía una tripulación de 44 hombres y su armamento consistía en 5 tubos lanzatorpedos de 533 mm (con una dotación de 14 torpedos), un cañón de 88 mm y algunas ametralladoras antiaé-reas. Además, por medio de los tubos lan-zatorpedos, podían colocarse minas anti-nave de diverso tipo. La velocidad en su-perficie alcanzaba los 18 nudos, mientras que la máxima en inmersión era de unos 7 nudos; la autonomía en superficie era ge-neralmente de 8.500 millas a velocidad de crucero (reducido); en inmersión era, en cambio, mucho más reducida y no supe-raba las 80 millas a 4 nudos de velocidad. Las características más brillantes de este tipo de submarinos eran la buena veloci-dad en superficie, la robustez de la cons-trucción, la gran maniobrabilidad y la ra-





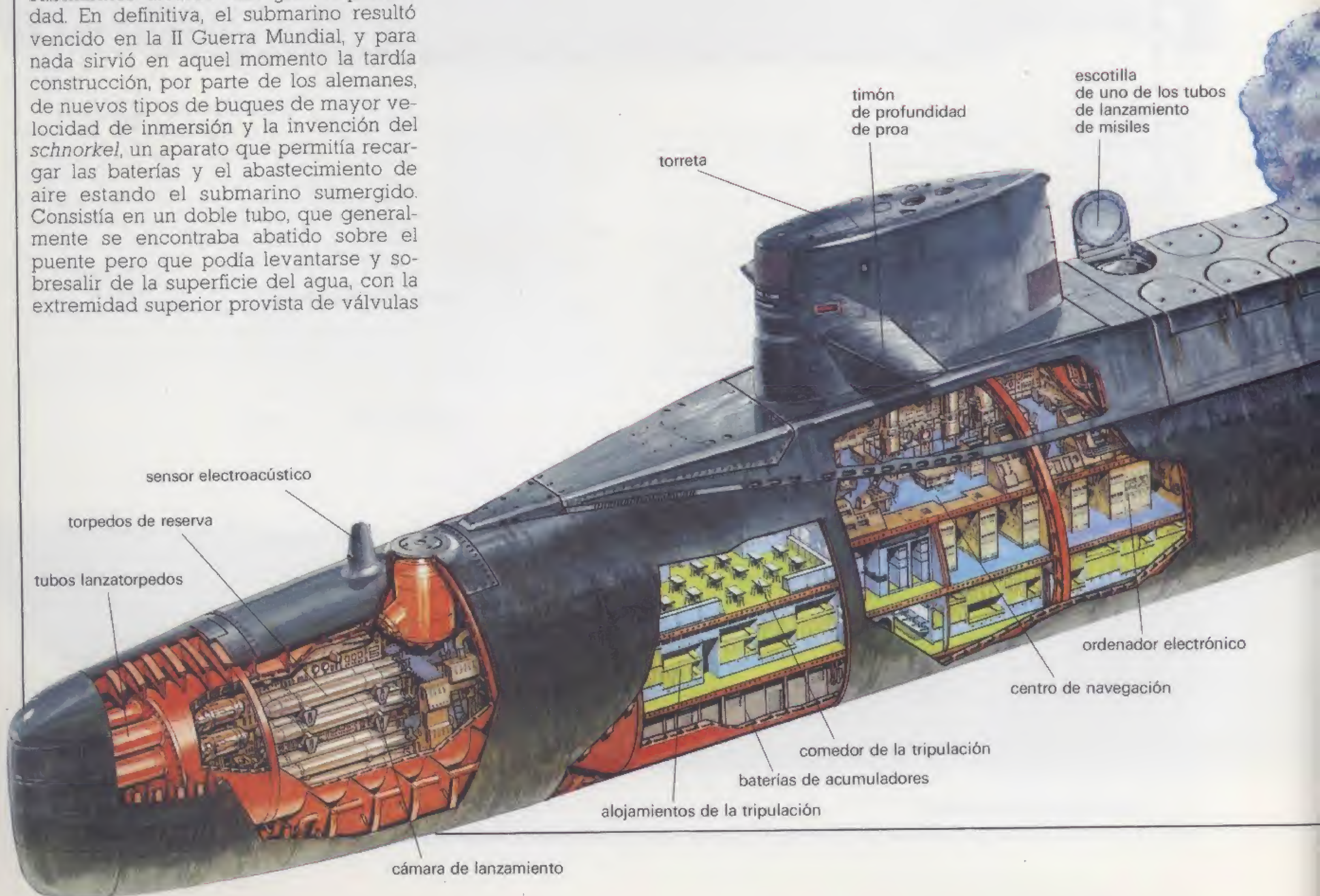
pidez con que podía sumergirse, lo que constituía un elemento esencial, sobre todo para huir de los ataques aéreos. El paso de la navegación en superficie a la submarina podía llevarse a cabo en menos de treinta segundos a partir de la orden de inmersión, mientras que los submarinos pertenecientes a otras armadas realizaban esa maniobra en un tiempo muy superior al minuto. El conjunto de características de estas naves respondía perfectamente a la táctica de las "manadas de lobos", adoptada por los alemanes contra los convoyes adversarios en el Atlántico, y posteriormente por los estadounidenses en el Pacífico contra el tráfico japonés. Se trataba del empleo coordinado de grandes grupos de submarinos que se reunían en las proximidades de un convoy localizado por uno de ellos y se lanzaban al ataque en masa, de noche, y navegando en superficie a gran velocidad. Terminado el ataque, que generalmente se transformaba en un auténtico combate "cuerpo a cuerpo" en el que los submarinos se sumergían solamente si se veían amenazados de cerca por las pocas naves de escolta, la "manada" se reunía nuevamente más allá del horizonte para volver a repetir la operación la noche siguiente, hasta conseguir el aniquilamiento definitivo del convoy, lo mismo que una manada de lobos se comporta con su presa.

Al terminar el conflicto, sin embargo, el número y la eficacia de los medios anti-submarinos alcanzó una gran superioridad. En definitiva, el submarino resultó vencido en la II Guerra Mundial, y para nada sirvió en aquel momento la tardía construcción, por parte de los alemanes, de nuevos tipos de buques de mayor velocidad de inmersión y la invención del *schnorkel*, un aparato que permitía recargar las baterías y el abastecimiento de aire estando el submarino sumergido. Consistía en un doble tubo, que generalmente se encontraba abatido sobre el puente pero que podía levantarse y sobresalir de la superficie del agua, con la extremidad superior provista de válvulas



A la izquierda, esquema general de funcionamiento del *schnorkel*. Los gases de descarga producidos por los motores son conducidos a través del tubo telescópico de la instalación y descargados en las proximidades de la superficie. Al mismo tiempo, el aire necesario para el funcionamiento de los motores y para la vida de la tripulación es aspirado a través de la cabeza del *schnorkel*, dotada de una válvula de flotador que impide la entrada del agua cuando la propia cabeza, que emerge sólo unos pocos decímetros, es embestida por eventuales olas. El aire, a través de un tubo paralelo al de los gases de descarga, es conducido al interior del buque.

Bajo estas líneas, un moderno submarino lanzamisiles de propulsión nuclear: *L'inflexible*, de la Armada francesa, botado en 1982.





especiales. A través de este ingenio, el buque, cuando navegaba en inmersión, podía aspirar el aire necesario para el funcionamiento de sus motores diesel y para la vida de su tripulación, y al mismo tiempo expulsar los gases de descarga de dichos motores.

**Submarinos y misiles** A pesar de la genial invención del *schnorkel* y de las baterías de acumuladores de gran capacidad, sólo la utilización de la energía nuclear supuso el verdadero salto de gigante en la tecnología naval submarina. El reactor atómico permitía, en efecto, un tipo de motor "único" y de ciclo cerrado, utilizable tanto en superficie como en inmersión, lo que desde siempre había constituido el sueño de todos los constructores de buques submarinos. El primer submarino de energía nuclear fue el *Nautilus*, de la Armada de Estados Unidos, que entró en servicio en 1954.

La casi ilimitada autonomía y la notable potencia desarrollada por los reactores atómicos aumentaron rápidamente las

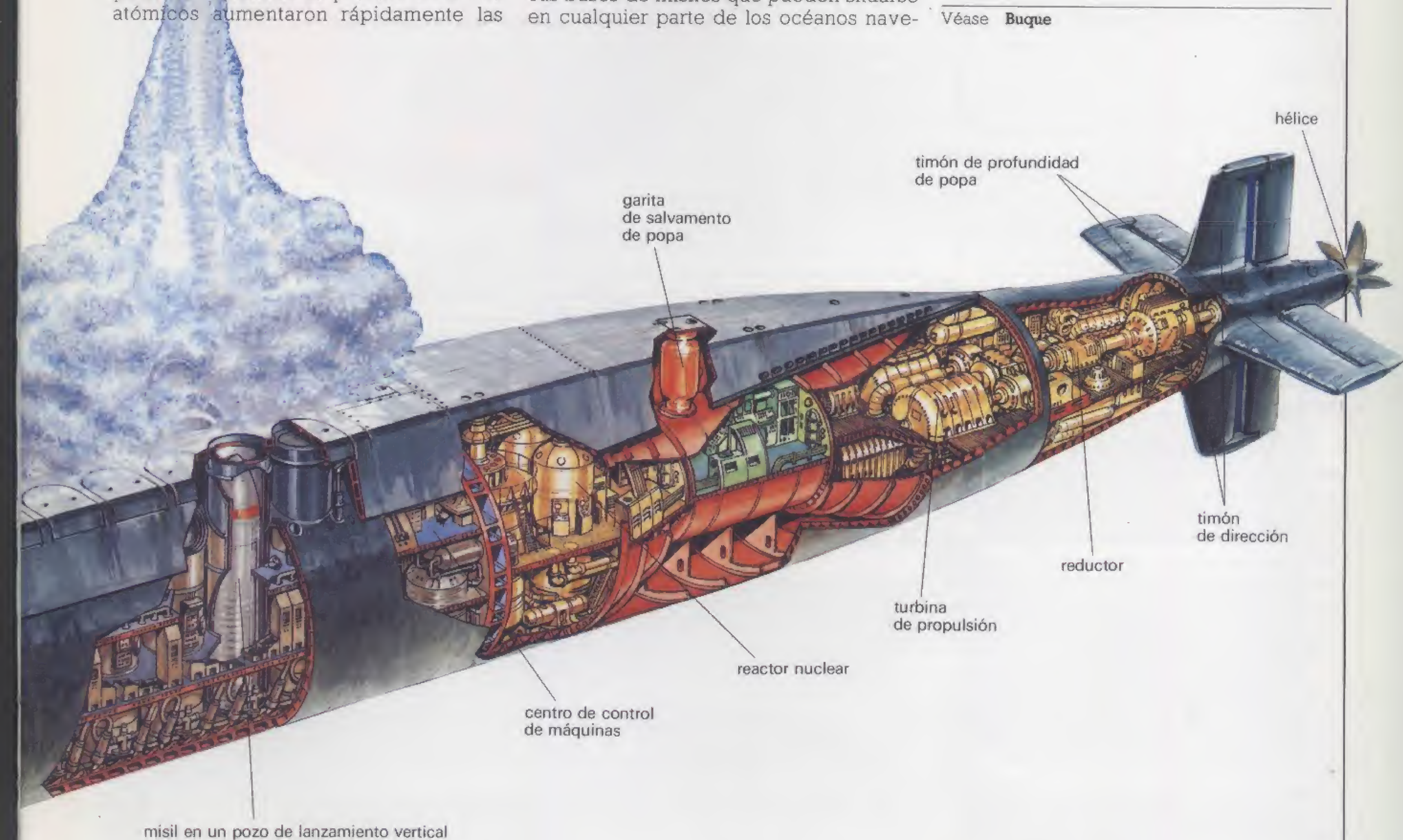
prestaciones de los submarinos que, a partir de ese momento, comenzaron a concebirse para operar casi exclusivamente en inmersión.

En 1958, el *Nautilus* efectuó por primera vez la travesía del casquete polar pasando sumergido bajo los hielos. En 1960, otro sumergible atómico estadounidense, el *Tritón*, efectuó la vuelta al mundo en inmersión, siguiendo la ruta comenzada por Fernando Magallanes y terminada por Elcano más de cuatrocientos años antes. La distancia, cubierta en 83 días de navegación submarina a una velocidad media de 18 nudos, fue de 66.400 km.

En la actualidad, los submarinos atómicos pertenecientes a las principales armadas se dividen en "submarinos de ataque", provistos de torpedos y misiles de alcance medio, y en "submarinos estratégicos". Estos últimos constituyen una de las armas más importantes, en las que reside gran parte del poder disuasorio estratégico de las grandes potencias. Se trata de auténticas bases de misiles que pueden situarse en cualquier parte de los océanos nave-

gando en inmersión y alcanzar, con sus misiles intercontinentales, los territorios adversarios. Surgidos al comienzo de los años sesenta con los submarinos estadounidenses del tipo "Lafayette", y perfeccionados con los modelos posteriores "Ohio" para la Armada de Estados Unidos y tipos "Delta" y "Typhoon" para la soviética, estos buques van armados con misiles estratégicos situados en "pozos" verticales y lanzables en inmersión, dotados de cabezas nucleares de tipo "múltiple" (MIRV). Los "Ohio" estadounidenses, que con sus 18.700 tm de desplazamiento han sido los mayores submarinos jamás construidos, hasta la entrada en servicio de los "Typhoon" soviéticos, que probablemente llegan a las 30.000 tm, poseen una dotación de 24 misiles del tipo "Trident I" con casi 8.000 km de alcance. Sin embargo, ya está prevista su pronta sustitución por los misiles tipo "Trident II" con un alcance de más 11.000 km.

Véase Buque





# Subnormalidad

Un individuo que en el período del desarrollo (desde el nacimiento hasta los 18 años) es incapaz de realizar acciones que sus coetáneos llevan a cabo normalmente y que, en las pruebas de inteligencia, demuestra poseer un cociente intelectual inferior al promedio, se considera como una persona mentalmente retrasada. Las causas del retraso mental (subnormalidad) pueden tener distintos orígenes: enfermedades físicas, como por ejemplo el síndrome de Down, en el que los individuos presentan una trisomía del cromosoma 21 (en lugar de dos cromosomas, que es lo normal); exposición a sustancias tóxicas o radiactivas, que pueden destruir las células cerebrales o provocar inflamaciones; el emparejamiento de personas consanguíneas que presentan defectos genéticos en sus antepasados (padres, abuelos, parientes).

El retraso mental puede responder también a causas psíquicas: un niño desatendido o maltratado desde su infancia tiene mayores posibilidades de presentar características de retraso mental que un niño que, por el contrario, ha llevado una vida normal.

La acepción "retraso mental" o subnormalidad, tal como se emplea por la Organización Mundial de la Salud, no alude a sus posibles causas, sino que éstas tienen que ser determinadas a partir de pruebas fisiológicas y exámenes clínicos; tal acepción es una mera expresión utilizada para describir los hábitos y las capacidades de un determinado grupo de individuos.

El tipo de vida que una persona con retraso mental puede llevar a cabo y el grado de progresos que puede alcanzar deben ser considerados como parte integrante del cuidado y del tratamiento que recibe.

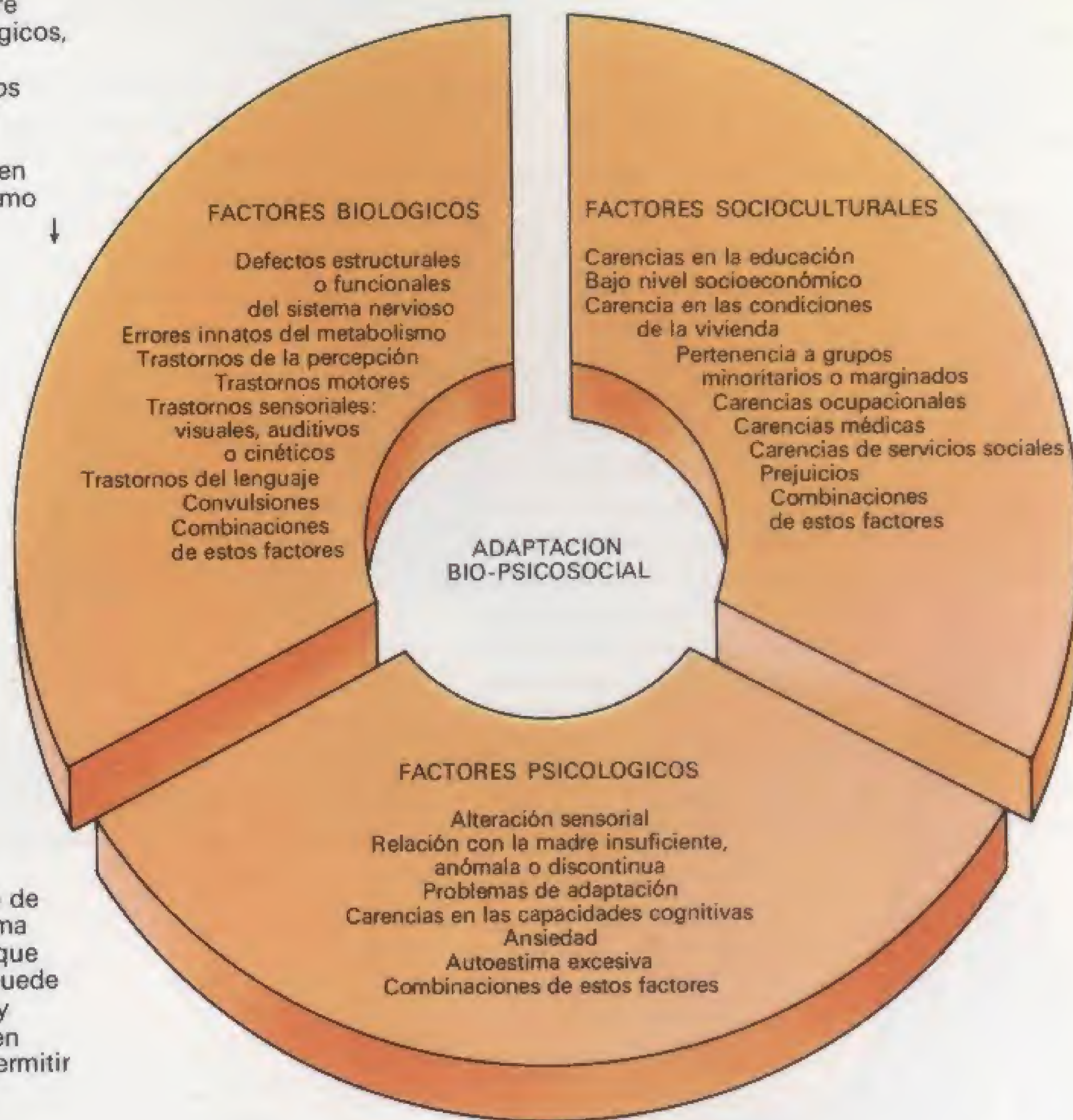
**La inteligencia como elemento de diagnóstico** Si una persona se encuentra incapacitada, de tal modo que no puede superar las pruebas de coeficiente intelectual (CI), es evidente que dicho individuo se halla gravemente retrasado. A partir de estos casos, la puntuación que obtiene un sujeto sometido a los tests proporciona, por lo general, una buena indicación de la magnitud de su incapacidad.

La puntuación que se encuentra dos o tres desviaciones estándar por debajo de la media normal es generalmente considerada como indicativa de un retraso leve. La probabilidad de un retraso moderado viene indicada por una desviación más amplia con respecto a la media. Y, finalmente, los individuos gravemente retrasados no son capaces de someterse a las pruebas de coeficiente intelectual. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que los resultados de una prueba de CI no son suficientes por sí mismos como para determinar taxativamente el retraso mental.

**El comportamiento como elemento del diagnóstico** A pesar de que el comportamiento puede ser difícil de valorar con respecto a una prueba de CI, se ha esta-

El retraso mental puede deberse a interacciones entre los factores biológicos, psicológicos y socioculturales, los cuales deben ser siempre tenidos en cuenta, tanto en el diagnóstico como

en el tratamiento de esta peculiar forma de enfermedad, que con frecuencia puede manifestarse muy precozmente y, en consecuencia, permitir una buena recuperación.



blecido una gama de comportamientos normales para cada edad, basándose en los resultados conseguidos a partir de los estudios sobre los niveles de desarrollo.

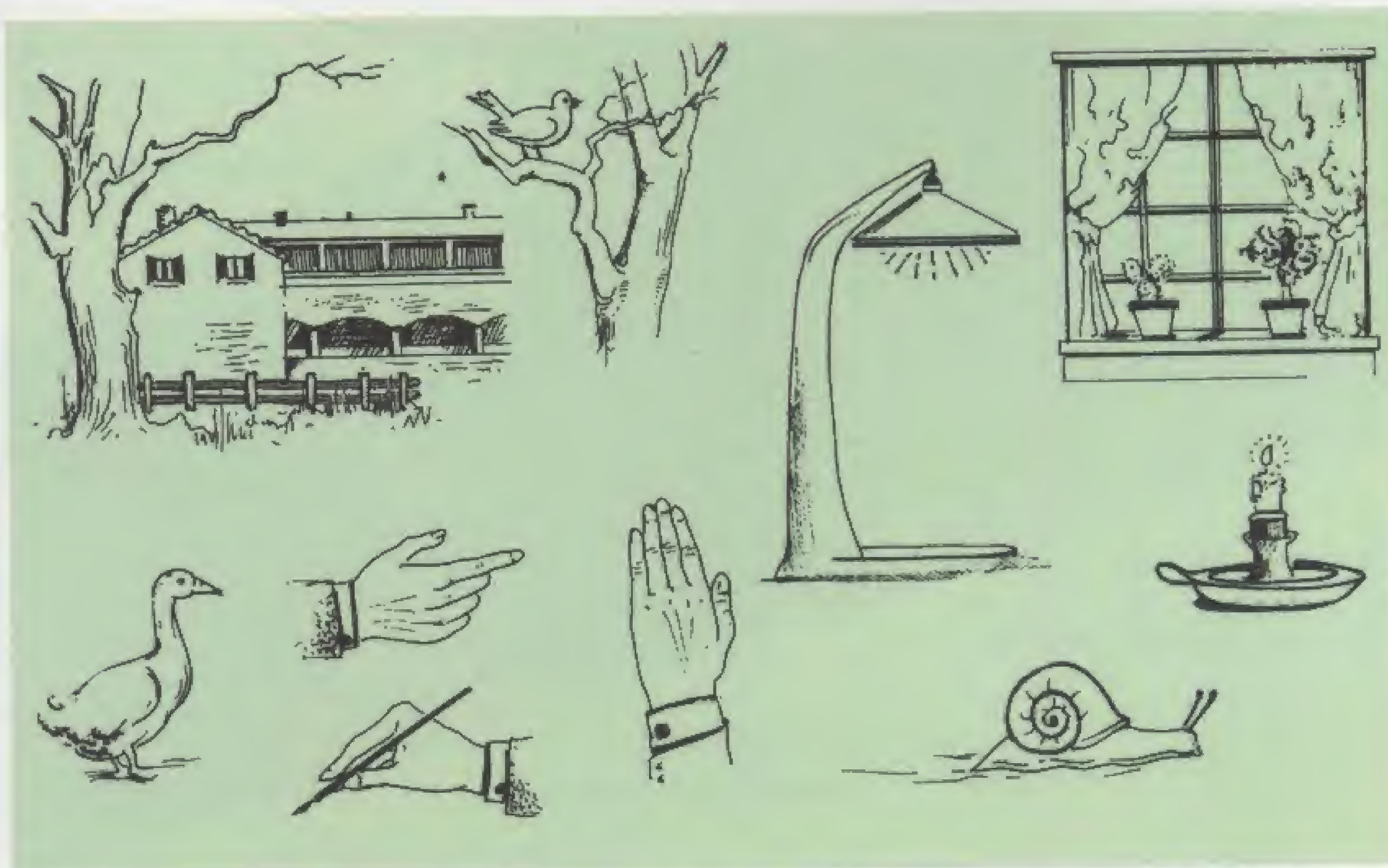
Durante la primera infancia, un niño normal aprende a comer solo, a reconocer a las personas que viven cerca de él, a responder de un modo previsible y a comunicarse con palabras y frases.

Durante la infancia y la primera adolescencia (desde los 5 a los 12 años), un niño normal comienza a manifestar las capacidades lógicas y sociales necesarias para su correcta inserción en un grupo. Una

persona normal, durante la adolescencia y de ahí en adelante, es capaz de asumir responsabilidades en relación con el tiempo, nivel económico, actividades sociales y ambiente en el que vive.

Debajo y en la parte superior de la página siguiente, tests mentales para niños de unos cuatro años y para niños de 9 ó 10 años, respectivamente. Los tests efectuados en la edad infantil permiten diagnosticar,

dentro de límites muy amplios, la existencia de trastornos que pueden correlacionarse con la presencia de un retraso mental. Su utilidad reside en completar el juicio del médico, no en sustituirlo.





En un intento de utilizar el comportamiento como elemento indicador del retraso mental y de sus dimensiones, los investigadores han establecido algunos "comportamientos señales", característicos de cada edad.

A los tres años, por ejemplo, los niños que no comen alimentos blandos con una cuchara, que beben de un vaso ensuciándose y creando considerable desorden, o que no intentan lavarse solos, pueden ser calificados como levemente retrasados si la puntuación de su CI resulta inferior a la media, ya que los niños de 18 meses son capaces normalmente de ejecutar todas

las acciones descritas anteriormente sin encontrar particulares dificultades, siempre que su nivel de coordinación sea completo.

Un niño de 6 años con el mismo comportamiento sería considerado como moderadamente retrasado, mientras que un niño de 12 o más años se consideraría como gravemente retrasado si su prueba de CI o su incapacidad para ejecutarla llevasen inequívocamente a tal conclusión.

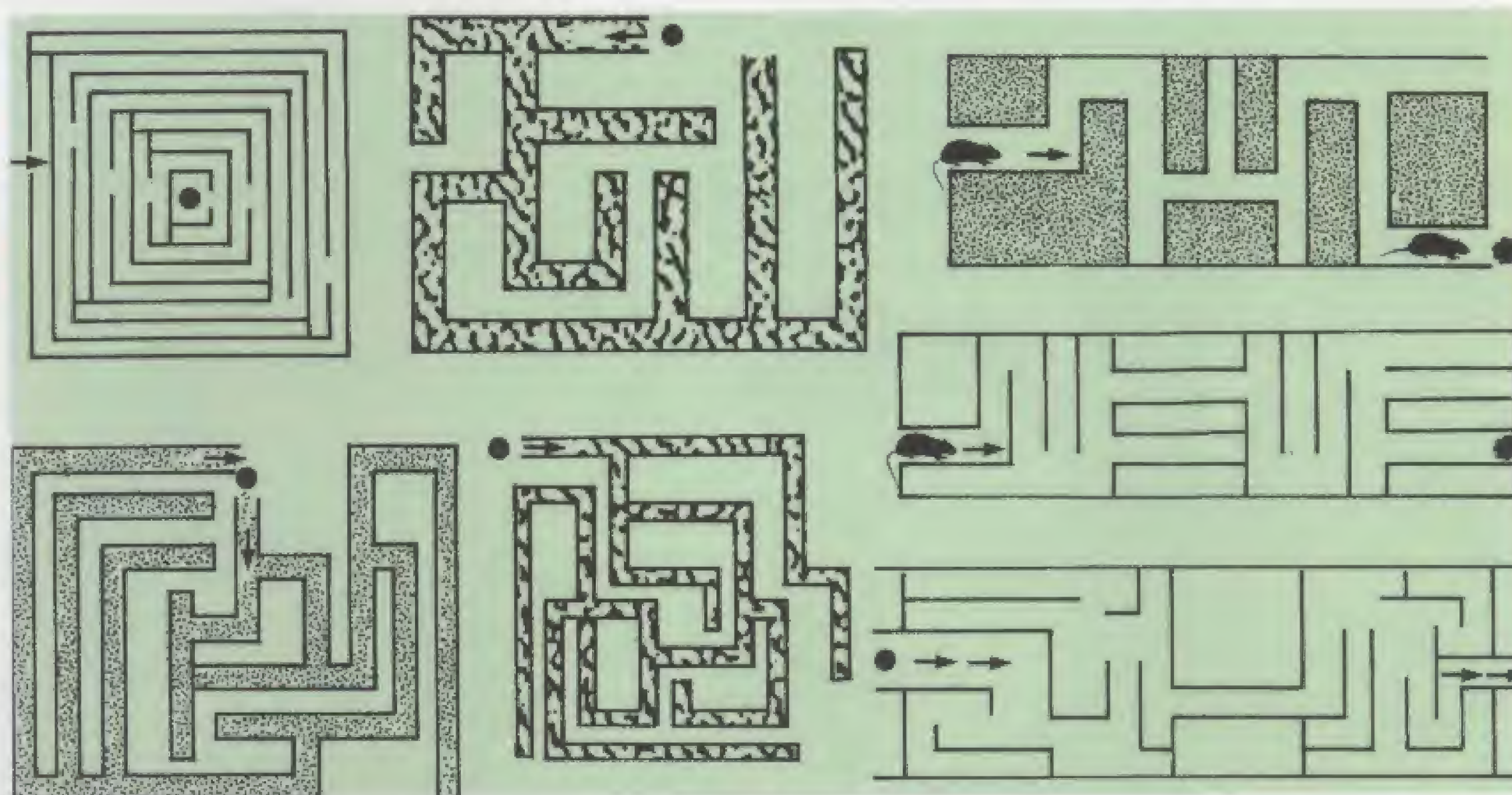
**Pronóstico de la subnormalidad** En el caso de que un individuo sea diagnosticado como mentalmente retrasado, espe-

cialmente si el retraso no es profundo y grave, es necesario no condenarlo a una vida de total dependencia de su familia, o a una vida sin educación y sin actividad alguna. Por el contrario, con una educación y entrenamiento adecuados, un adulto leve o moderadamente retrasado puede trabajar, si la mayor parte de sus funciones pueden ser auxiliadas mecánicamente, y, de este modo, llegar a ser un miembro activo de la familia y de la sociedad.

Véase **Cromosoma; Enfermedades hereditarias; Gen; Genética; Herencia**

La confirmación de un retraso mental es extremadamente compleja y se basa en diversas consideraciones: en exámenes de laboratorio, que tienden a poner de manifiesto la eventual presencia de alteraciones metabólicas (por ejemplo, la fenilcetonuria, la galactosemia) o cromosómicas; en el control de la vista y

del oído, ya que las deficiencias visuales y auditivas pueden afectar de modo importante al desarrollo mental; en exámenes psiquiátricos, tendentes a revelar determinadas enfermedades mentales; y en determinados exámenes psicológicos con los que se intenta obtener un perfil psicológico del paciente.



COMO VALORAR EL GRADO DE RETRASO MENTAL			
	0-5 años	5-20 años	21 años o más
<b>Ligero</b>	Con frecuencia el niño no se distingue de sus coetáneos normales. El retraso es mínimo en el área sensorial. Puede desarrollar los medios de comunicación y las relaciones sociales.	Existe una cierta necesidad de conducirlo en su adaptación social. La educación escolar puede superar fácilmente la etapa de escuela obligatoria.	Puede conseguir una autonomía social y profesional, pero al afrontar situaciones estresantes o inesperadas tiene necesidad de guía o de ayuda.
<b>Moderado</b>	Puede ser asistido con una supervisión moderada. Puede hablar y aprender a caminar. Las relaciones sociales son escasas. Tras un proceso de aprendizaje puede cuidar de sí mismo en las situaciones comunes de cada día.	Puede obtener beneficios de un adiestramiento adecuado, tanto en las relaciones sociales como en el trabajo. Puede aprender a desplazarse solo a lugares que le sean familiares.	Puede contribuir a su propio sostenimiento mediante trabajos manuales o semicualificados, siempre que se desarrollen en un ambiente de protección. Las leves situaciones de estrés social o económico requieren guía y ayuda.
<b>Grave</b>	El desarrollo motor es escaso. El lenguaje está en un nivel mínimo. Difícilmente aprende a ser autosuficiente, incluso para las cosas más comunes. La capacidad para comunicarse es escasa o inexistente.	Puede hablar y aprender a comunicarse. Puede aprender a manejarse en las funciones más elementales.	Bajo un control continuo y completo puede contribuir al propio mantenimiento. Puede desarrollar capacidades autoprotectivas, aunque a niveles mínimos y en un ambiente controlado.
<b>Profundo</b>	Las capacidades en el área motora y sensorial son mínimas. Tiene necesidad de asistencia continua.	Presenta algunos desarrollos en el área motora. A niveles mínimos, puede aprender a desenvolverse.	Puede aprender, a niveles mínimos, a valerse por sí. Tiene necesidad de ser continuamente asistido.



# Suelo

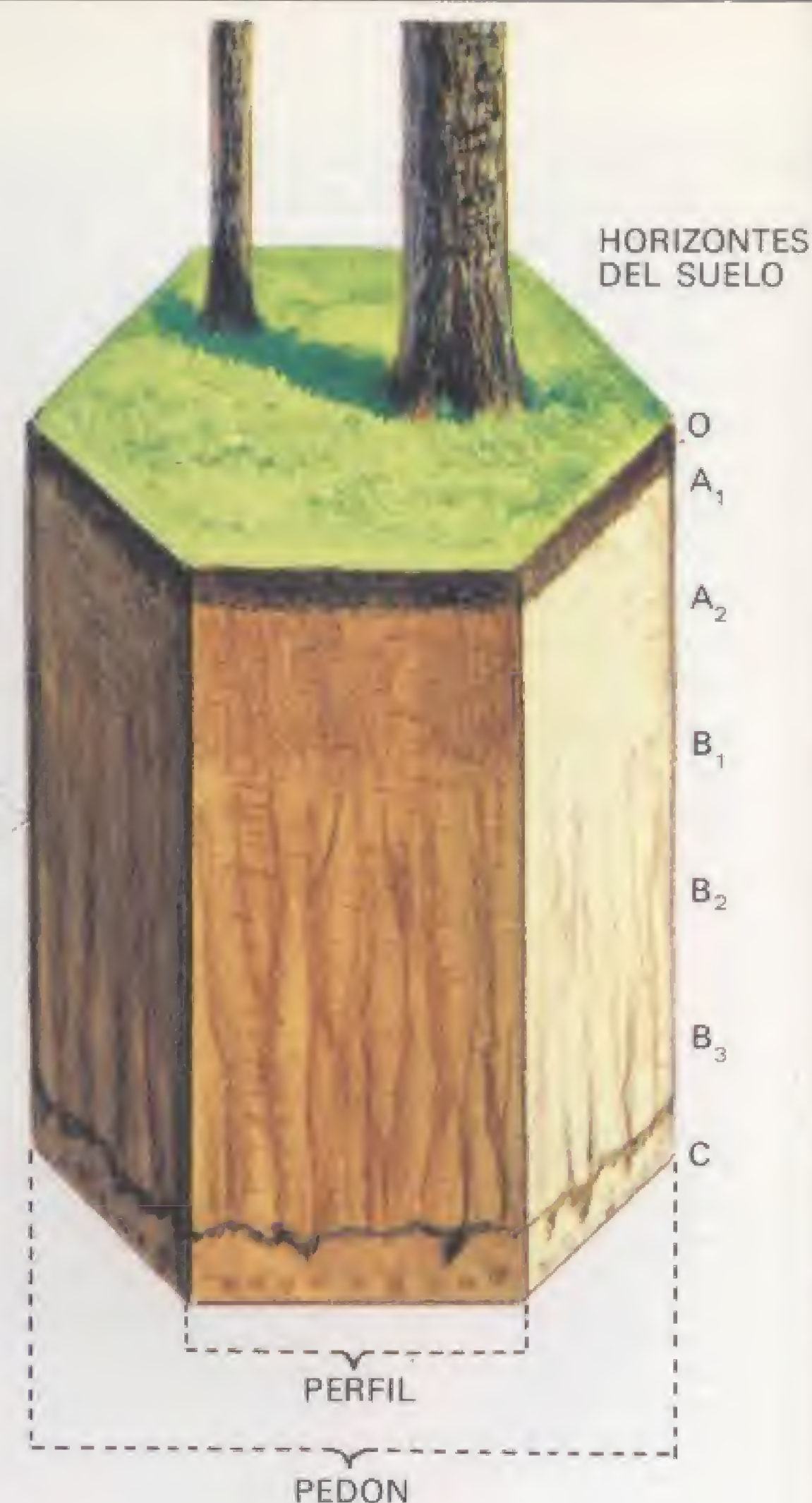
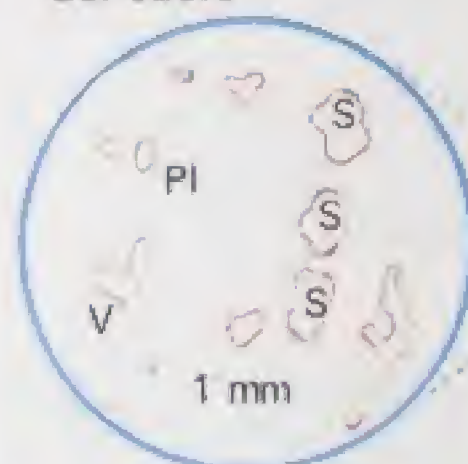
**E**l destino de la Humanidad está estrechamente ligado al suelo y a su conservación. El suelo incluye componentes minerales (gaseosos, líquidos y sólidos) y orgánicos, cuyo conjunto de propiedades determina sus cualidades específicas.

A excepción de los suelos saturados de agua, todos los demás contienen cierta cantidad de aire, y, salvo los más áridos, también contienen agua. La composición química de los suelos es muy variable.

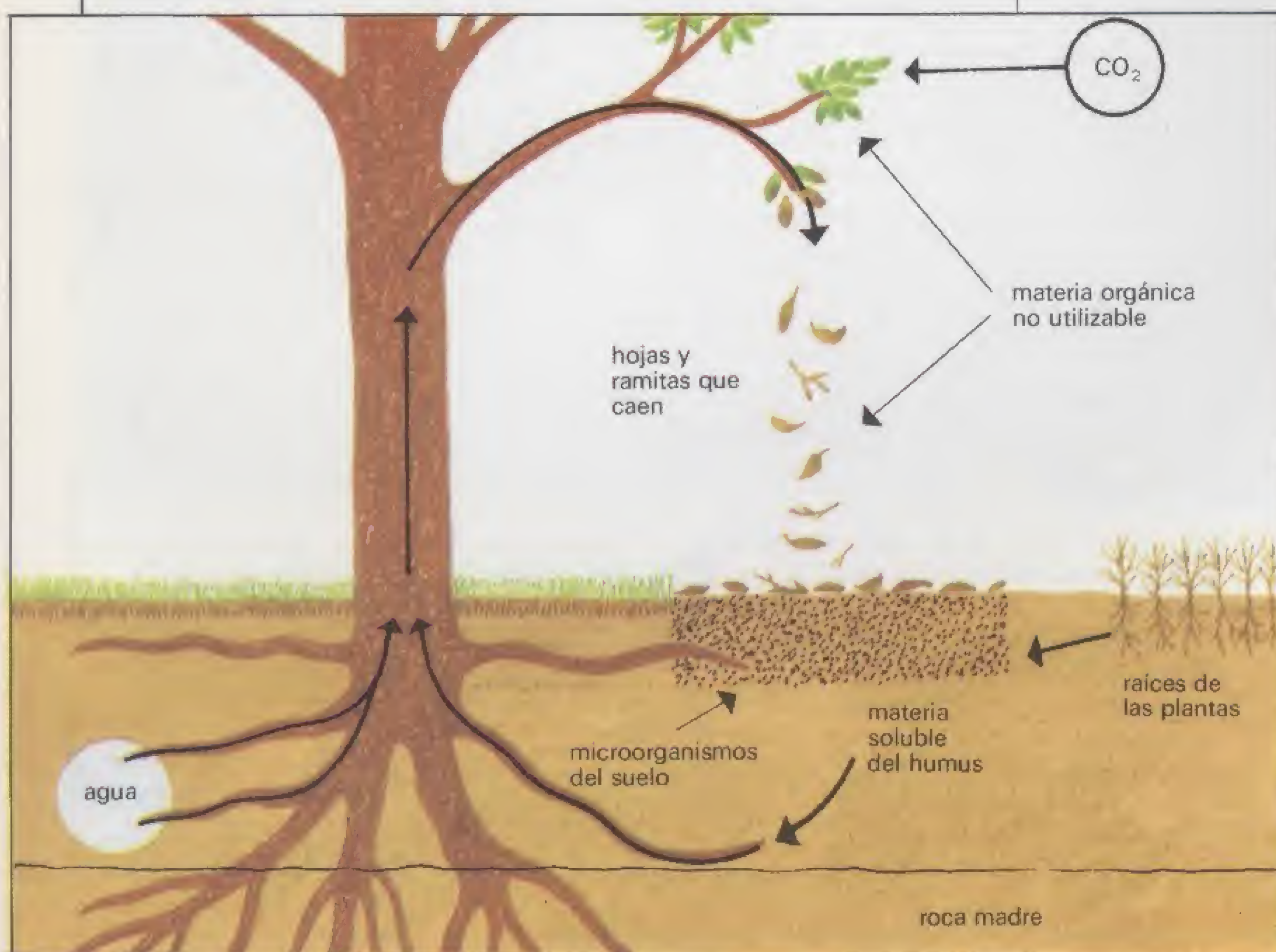
**Acidez y alcalinidad** Una de las formas más prácticas para la clasificación de los suelos se basa en la determinación de su acidez o alcalinidad. Para ello se suele recurrir al uso de indicadores, que son sustancias que cambian de color cuando varía la concentración de iones de hidró-

El suelo, dos de cuyas secciones se pueden apreciar en las fotografías de la parte inferior de la página siguiente, es una unidad compleja. En el dibujo de la derecha se puede ver un pequeño volumen de suelo (*pedon*): en el *perfil* se distinguen los *horizontes* que lo suelen formar normalmente (O, ó A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> y C) y su estructura microscópica (S—esqueleto, V—vacíos o poros, PI=fracción móvil o plasma). Bajo estas líneas y en la página siguiente, génesis del suelo.

sección aumentada de un agregado del suelo



ESQUEMA DE UN PERFIL-TIPO DE UN SUELO



geno. Los resultados se expresan en términos de pH (potencial de hidrógeno): hay suelos neutros (pH 7), ácidos (pH entre 0 y 7) y alcalinos o básicos (pH entre 7 y 14). En general, los suelos de las regiones nórdicas, y sobre todo los de los bosques de coníferas, son de naturaleza ácida. En este tipo de suelos crecen muy bien los pinos y rododendros, pero en cambio se desarrollan mal la mayor parte de los cultivos de plantas alimenticias. Los suelos desérticos son, por el contrario, extremadamente alcalinos. Para la agricultura, los mejores suelos suelen ser los ligeramente alcalinos, que también se llaman "suelos dulces", en los que la estructura física suele ser muy favorable para el desarrollo de los microorganismos útiles.

Los suelos pesados, muy arcillosos, se saturan de agua con cierta facilidad, disminuyendo su contenido en oxígeno libre y, por tanto, en microorganismos y lombrices, que contribuyen a su aireación. Por

otra parte, las raíces de las plantas, que también necesitan oxígeno, tienen poca libertad de penetración. En el otro extremo tenemos los suelos arenosos, que a menudo son demasiado sueltos para retener el agua, y, por tanto, resultan ser demasiado secos (suelos ligeros). Estos suelos no ofrecen a las raíces de las plantas un medio lo bastante sólido como para que éstas puedan afianzarse bien. Un suelo de estructura intermedia, que no sea ni muy arcilloso ni muy arenoso, suele ser el más adecuado para la agricultura. En este tipo de suelo, las distintas partículas tienen dimensiones muy variables, desde la grava al limo, pasando por las arenas más o menos arcillosas de tamaño intermedio. Su estructura es lo bastante suelta como para que el aire pueda penetrar y circular fácilmente a través de ellos, y lo bastante compacta como para retener la humedad. El limo, por lo general, tiene un abundante contenido en materia orgánica.

La materia orgánica es uno de los componentes fundamentales del suelo. Los suelos que se han formado recientemente y están constituidos exclusivamente por sustancias minerales carecen de interés agrícola. Las sustancias orgánicas ya descompuestas (*humus*) tienen gran importancia para la agricultura, ya que mejoran la estructura física, aumentan la capacidad de retención hídrica y aportan las sustancias nutritivas que contienen, reduciendo, además, las posibilidades de erosión (especialmente eólica) del suelo. El humus está formado por residuos descompuestos de sustancias vegetales y, a veces, por excrementos de origen animal.

La calidad del humus varía de un suelo a otro. Por ejemplo, el humus que se forma a partir de la descomposición de las agujas de pino suele ser demasiado ácido para la mayoría de las plantas. Por ello, si se quiere mejorar un suelo de este tipo para que puedan crecer otras plantas, hay que añadir cal, que neutraliza la acidez. El color blanquecino de los horizontes superiores de los suelos de pradera procede de las hierbas que se marchitan y los fertilizan. Por ejemplo, las extensas praderas de Illinois (EE UU) y Ucrania (URSS), que son muy fértiles, suelen tener suelos de ese color hasta profundidades de un metro. El humus artificial está formado por residuos vegetales (paja, hojas, etc.) y animales (estiércol).

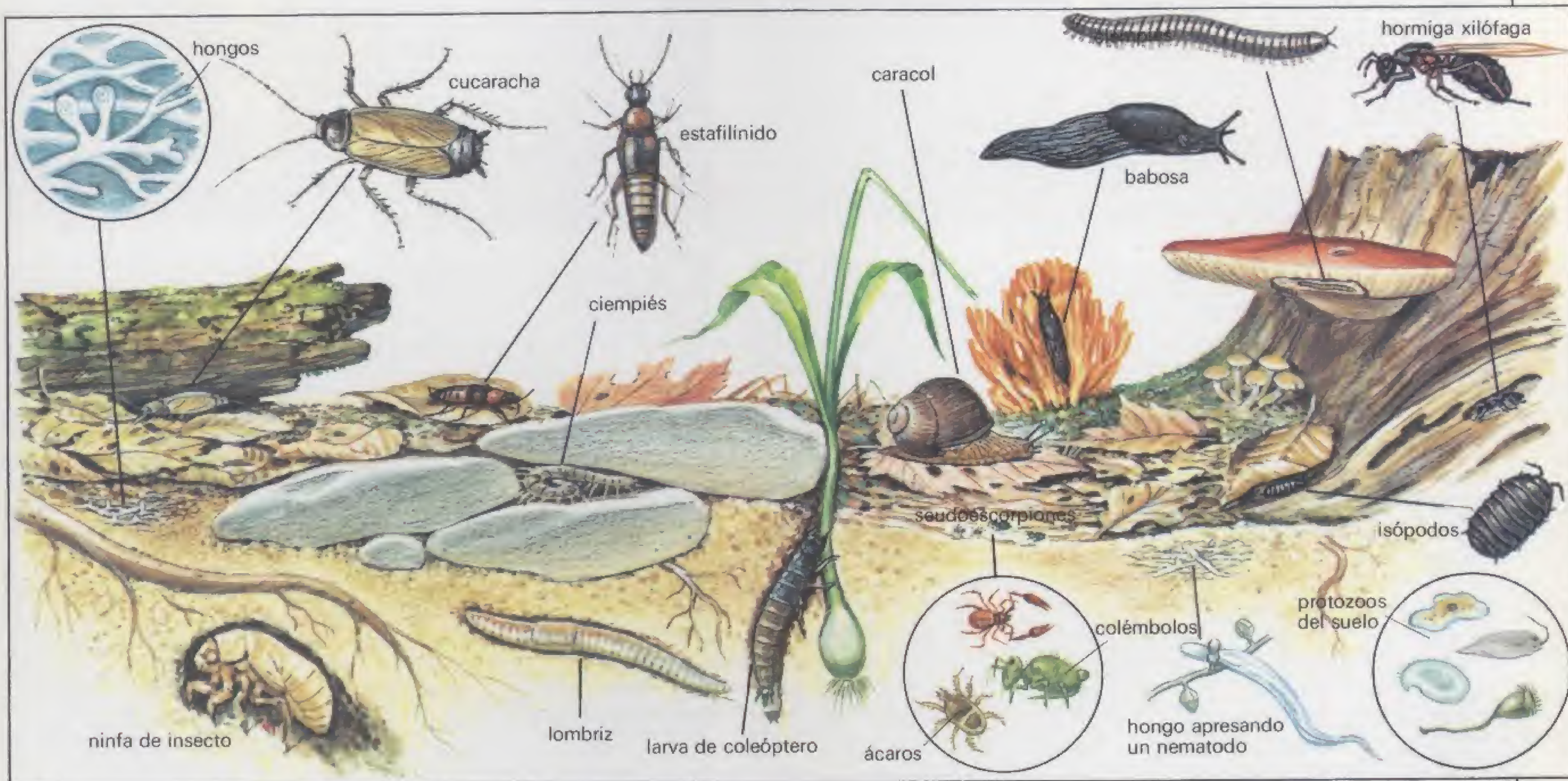
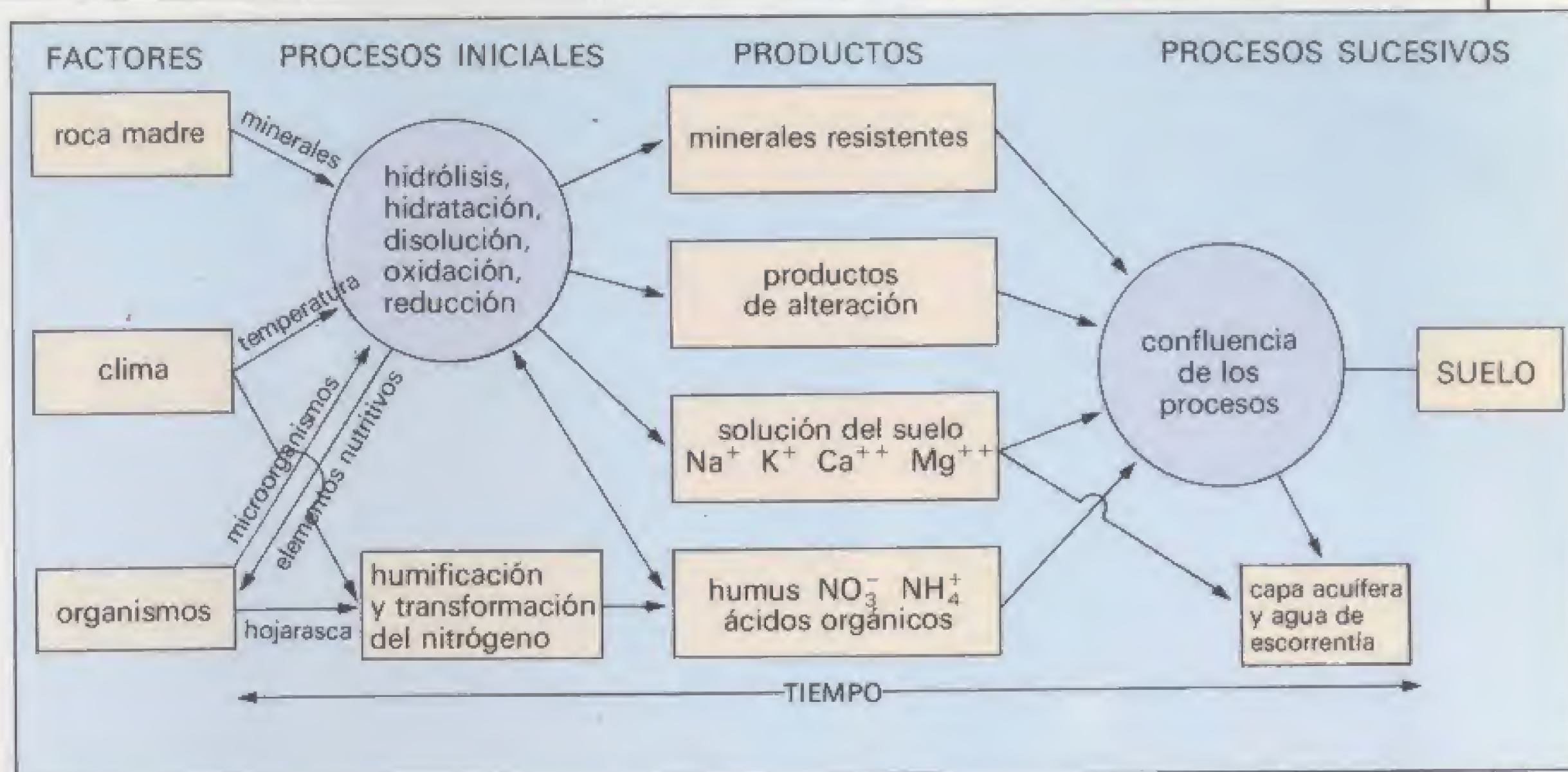
**Algunos tipos de suelo** Uno de los criterios de clasificación de los suelos se basa en el clima al que están sometidos;



según este criterio, los suelos más comunes son: los suelos de tundra, los podsoles, los suelos pardos podsólicos, las lateritas, los suelos de pradera, los chernozem, los suelos castaños, los sierozem y los suelos desérticos rojos.

**Suelos de tundra:** son oscuros, turbosos y muy ácidos. Generalmente, se observa un horizonte superficial muy delgado de color grisáceo, recubierto por humus poco descompuesto, y un estrato más profundo de fango viscoso, que permanece en estado semifluido durante la estación estival y completamente helado en invierno. Se forman en los climas fríos y húmedos, y no tienen ningún valor para la agricultura.

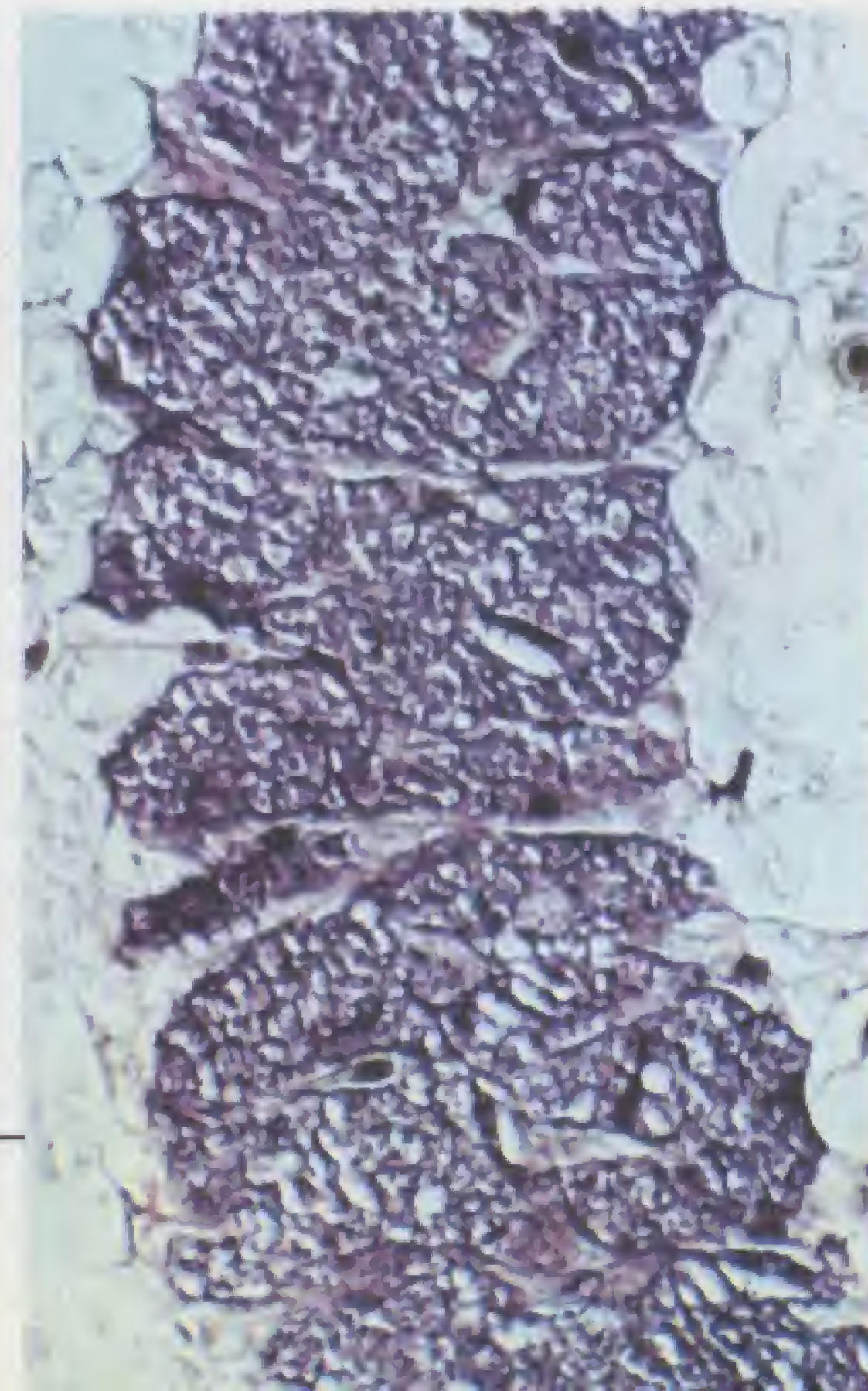
**Podsoles:** suelos típicos de la taiga. En la superficie tienen abundante hojarasca y



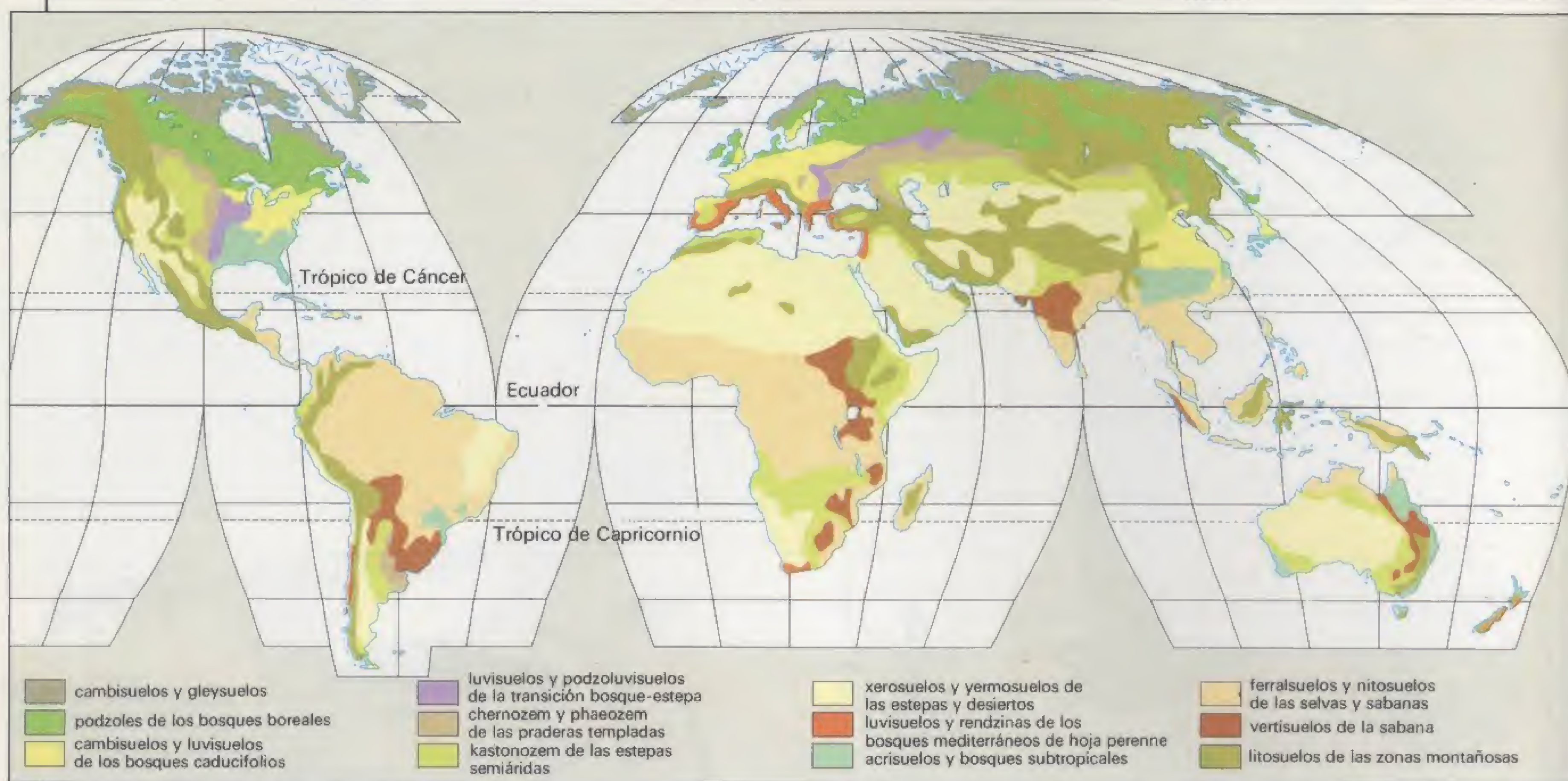
su color es grisáceo, aunque a profundidades de 10-25 cm se vuelven marrones. Son muy ácidos y se forman en los climas templado-fríos. Son poco adecuados para los cultivos.

**Suelos pardos podsólicos:** se forman en áreas forestales de las zonas alpinas. En los bosques predominan las caducifolias y escasean las coníferas. En el horizonte superficial, el suelo tiene color negruzco, pero, en seguida, a 5 ó 10 cm de profundidad, cambia a un color gris pardo. Este tipo de suelos se forma en climas húmedos y templados, y, si se cultivan y fertilizan adecuadamente, pueden suministrar cosechas bastante buenas.

**Lateritas:** son suelos tropicales de color pardo rojizo en su superficie y rojo en profundidad. Se encuentran en las sabanas tropicales que gozan de abundantes lluvias estacionales. Cuando estos suelos son vírgenes producen buenas cosechas, aunque se agotan rápidamente.







**Suelos de pradera:** en superficie son de color marrón oscuro y se van aclarando en profundidad. Se encuentran en zonas antiguamente ocupadas por praderas de hierbas altas, y en las que actualmente se cultivan gramíneas y forrajes. Son característicos de climas húmedos y templados.

**Chernozem:** son suelos muy oscuros, de textura suelta, granulosa y muy ricos en humus y en bases. Su color se va aclarando a medida que se desciende en profundidad, hasta formar en el subsuelo una acumulación blanquecina de naturaleza calcárea. La vegetación original de estos suelos la constituían hierbas mixtas de pradera. Los chernozem, típicos de los climas húmedos y templados, se extienden desde Asia central hasta Ucrania y Hun-

gría. Sus características les hacen muy propicios para el cultivo de cereales.

**Suelos castaños:** de color marrón oscuro y friables. Su vegetación original también consiste en hierbas mixtas de pradera. Se forman en climas templados o algo fríos que tienden a semiáridos. No son adecuados para los cultivos cerealistas debido a su carácter semiárido, pero pueden dar buenos pastos.

**Sierozem:** suelos grises pálidos, que a una profundidad de unos 30 cm, o inferior, se convierten en calcáreos. Su vegetación original está formada por plantas esclerófilas, hierbas cortas y arbustos. Si se riegan, pueden llegar a ser muy fértiles. El algodón es uno de los cultivos más frecuentes en los sierozem.

**Suelos desérticos rojos:** son suelos con estructura arenosa y un porcentaje elevado de sales. Son típicos de los climas tropicales áridos, y su carácter salino los convierte en suelos estériles, desde el punto de vista agrícola.

**Conservación de los suelos** Una utilización indiscriminada y la falta de cuidados pueden llevar al deterioro irreversible de un determinado suelo. Aunque para formarse haya necesitado decenas de miles —o incluso millones— de años, un suelo puede experimentar daños irreparables en pocas décadas.

La vegetación original conserva el suelo mucho mejor que cualquier otro cultivo, ya que es más eficaz a la hora de re-

#### TIPOS DE SUELOS

fluvisuelos	materiales depositados por el agua y débilmente alterados	chernozem	suelo de las praderas, con horizontes superficiales oscuros y mucha materia orgánica
regosuelos	suelos finos sobre materiales poco consolidados	phaeozem	suelos lixiviados con un horizonte oscuro superficial
arenosuelos	suelos formados por arenas	cambisuelos	suelos con colores blanquecinos y horizontes de alteración
gleysuelos	suelos con fenómenos de estancamiento de agua, con colores neutros o manchas de color en el perfil	luvisuelos	suelos con horizontes arcillosos
rendzinas	suelos finos sobre caliza	podzoluvisuelos	suelos con horizonte arcilloso interrumpido por intercalaciones del horizonte superior de lixiviación
rankers	suelos finos sobre materiales silíceos	podzoles	suelos con acumulación por lixiviación de hierro, aluminio y sustancias orgánicas en los horizontes profundos
andosuelos	suelos que se han formado sobre depósitos piroclásticos	acrisuelos	suelos con horizonte arcilloso y muy alterados
vertisuelos	suelos arcillosos que se fisuran	nitosuelos	suelos con horizonte arcilloso y poca capacidad para intercambiar elementos fertilizantes
yermosuelos	suelos de los desiertos	ferralsuelos	suelos con arcillas ricas en óxidos de hierro y aluminio
xerosuelos	suelos de las regiones semiáridas	histosuelos	suelos orgánicos
solonchaks	suelos con acumulación de sales solubles	litosuelos	suelos finos sobre roca dura
solonetz	suelos con un contenido elevado de sales sódicas		
planosuelos	suelos cuyo perfil presenta un acusado salto textural		
kastonozem	suelos de las estepas de color castaño		





En la página anterior, arriba, se muestran los tipos de suelos más comunes: su distribución geográfica tiene una evidente relación con el clima y las condiciones ambientales. La tabla de la página anterior, a la izquierda de estas líneas, describe los principales tipos de suelos según la clasificación de la FAO, que coincide con la del mapa. En esta página, arriba, a la izquierda, una sección de un suelo formado

a partir de depósitos volcánicos. A la derecha, un suelo típico de climas tropicales y subtropicales. El color rojizo es debido al hierro que, bajo buenas condiciones de aireación, se oxida y se convierte en el material más visible. Abajo, a la izquierda, un suelo típico de tundra. A la derecha, el inicio del fenómeno de lavado y erosión que acabará con la destrucción de la capa de suelo.

tener las precipitaciones atmosféricas. En los cultivos implantados por el hombre hay mucha más lixiviación, ya que la roturación tiene como consecuencia la formación de surcos. De esta forma, un suelo agrícola de gran valor puede desaparecer gradualmente por un mal drenaje y perder todas sus sustancias nutritivas a través de la escorrentía. Un suelo húmedo resiste mucho mejor, como es natural, los períodos de sequía, pero los suelos cultivados se pueden secar con gran rapidez y sus capas superficiales pueden ser barridas por el viento. Por otro lado, hay muchos cultivos, como el maíz, que sustraen del suelo gran cantidad de sus nutrientes

y lo agotan con gran rapidez. En estos casos, el suelo se vuelve prácticamente estéril, a no ser que dicho cultivo se alterne con otros menos exigentes (como las judías, los guisantes o el trébol, que enriquecen el suelo en compuestos nitrogenados), o se suministren las dosis adecuadas de fertilizantes. Pero esto último, además de ser muy costoso, tiene a la larga unos resultados bastante inciertos, ya que ningún fertilizante puede devolver al suelo sus propiedades originales.

Véase Agricultura; Fertilizantes; pH, acidez y basicidad; Pradera; Vegetación, mapa de



# Superconductor

En 1908, el físico holandés H. Kamerlingh Onnes consiguió obtener helio líquido: la mayor dificultad de este proceso residía en alcanzar una temperatura bajísima, de aproximadamente 4 K (−269 °C), muy próxima a la temperatura conocida como *cero absoluto* (0 K), en la que cesa todo tipo de actividad cinética molecular. Algunos años más tarde, otros experimentos en este campo, conocido actualmente como *Física de las bajas temperaturas*, permitieron constatar que el mercurio, sometido a tan bajas temperaturas, perdía su resistencia eléctrica a las corrientes inducidas. En 1913, Onnes recibía el premio Nobel de Física en recompensa por sus investigaciones y descubrimientos, aunque habrían de pasar muchos años para que se publicaran teorías capaces de explicar el fenómeno que actualmente se conoce como *superconductividad*.

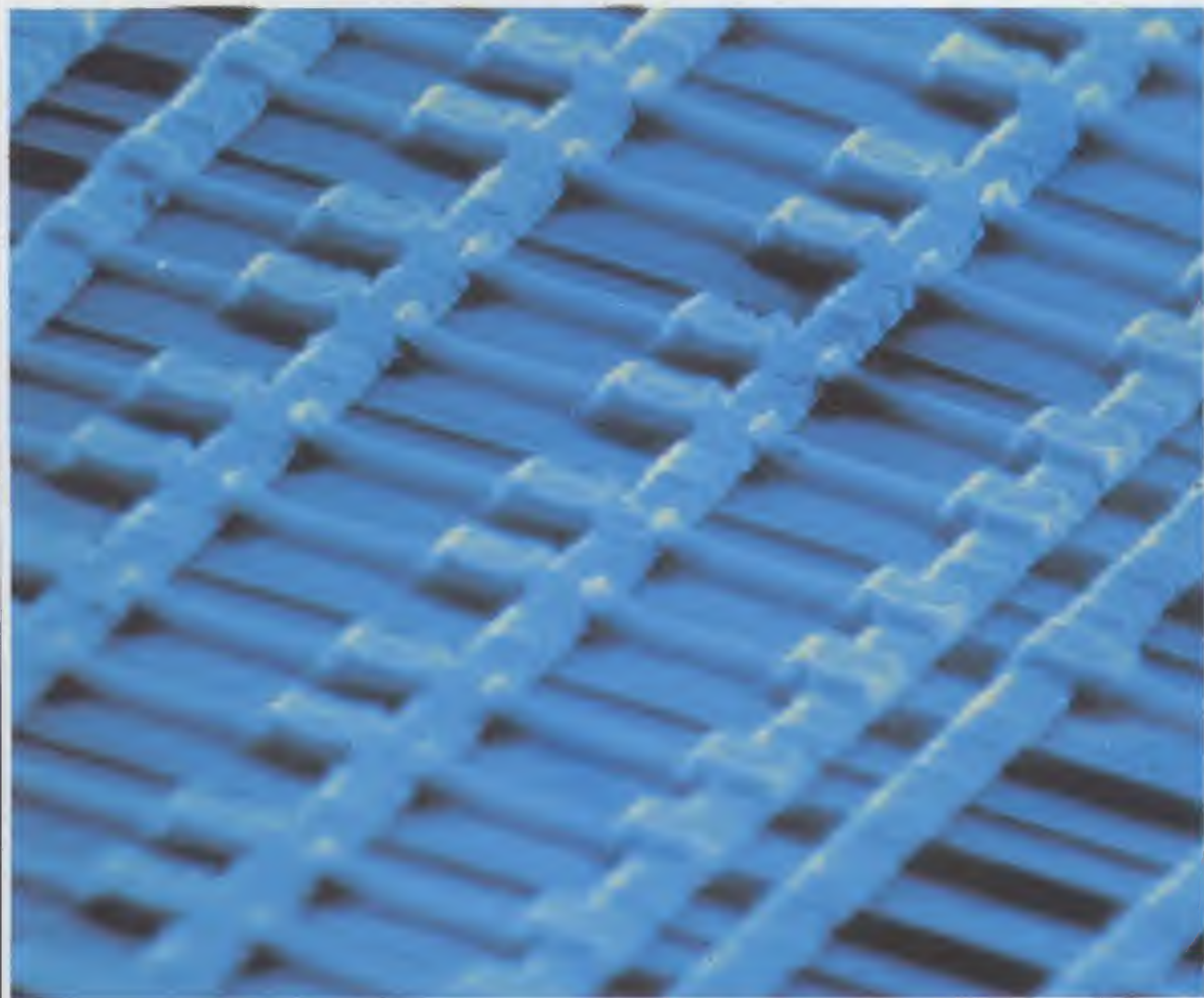
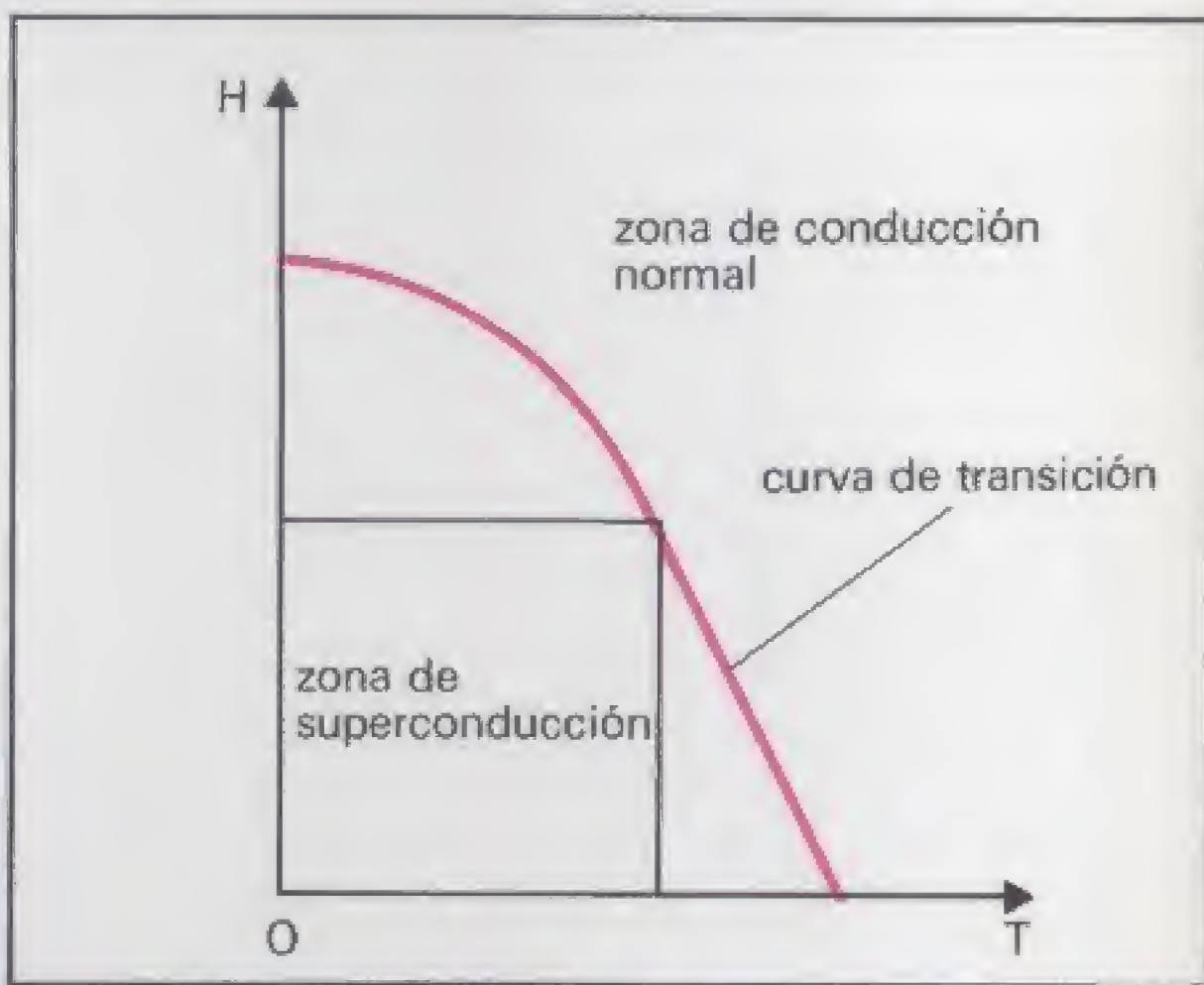
**Características de la superconductividad** Todos los materiales con propiedades superconductoras (entre ellos el titanio, cinc, talio, plomo y mercurio), cuando se enfrían hasta temperaturas próximas a los 0 K, presentan algunas características comunes, entre las que destaca la pérdida absoluta de la resistencia eléctrica (Onnes estimó que la resistencia en el estado superconductor era como máximo de  $10^{-12}$  veces la resistencia normal). Una característica específica de los superconductores es su gran resistencia a la penetración de campos magnéticos: en efecto, los resultados de los experimentos realizados en el año 1933 por W. Meissner y R. Ochsenfeld demostraron que la inducción magnética de un superconductor era siempre nula, independientemente de

SUPERCONDUCCION		
	Temperatura crítica (K)	Campo magnético crítico (A/m)
Hafnio	0,17	—
Aluminio	1,18	8.410
Cadmio	0,56	2.300
Galio	1,09	4.690
Indio	3,40	22.000
Iridio	0,14	—
Lantano	6,00	127.000
Mercurio	4,16	33.000
Molibdeno	0,95	—
Niobio	9,20	159.000
Osmio	0,67	5.160
Plomo	7,19	64.000
Renio	1,70	16.000
Rutenio	0,47	3.700
Estaño	3,72	24.000
Talio	2,40	13.700
Tántalo	4,48	62.000
Tecnecio	8,22	25.000-30.000
Titanio	0,39	1.580
Tungsteno	0,012	—
Uranio	1,80	—
Vanadio	5,30	104.000
Cinc	0,88	4.210
Circonio	0,49	3.730

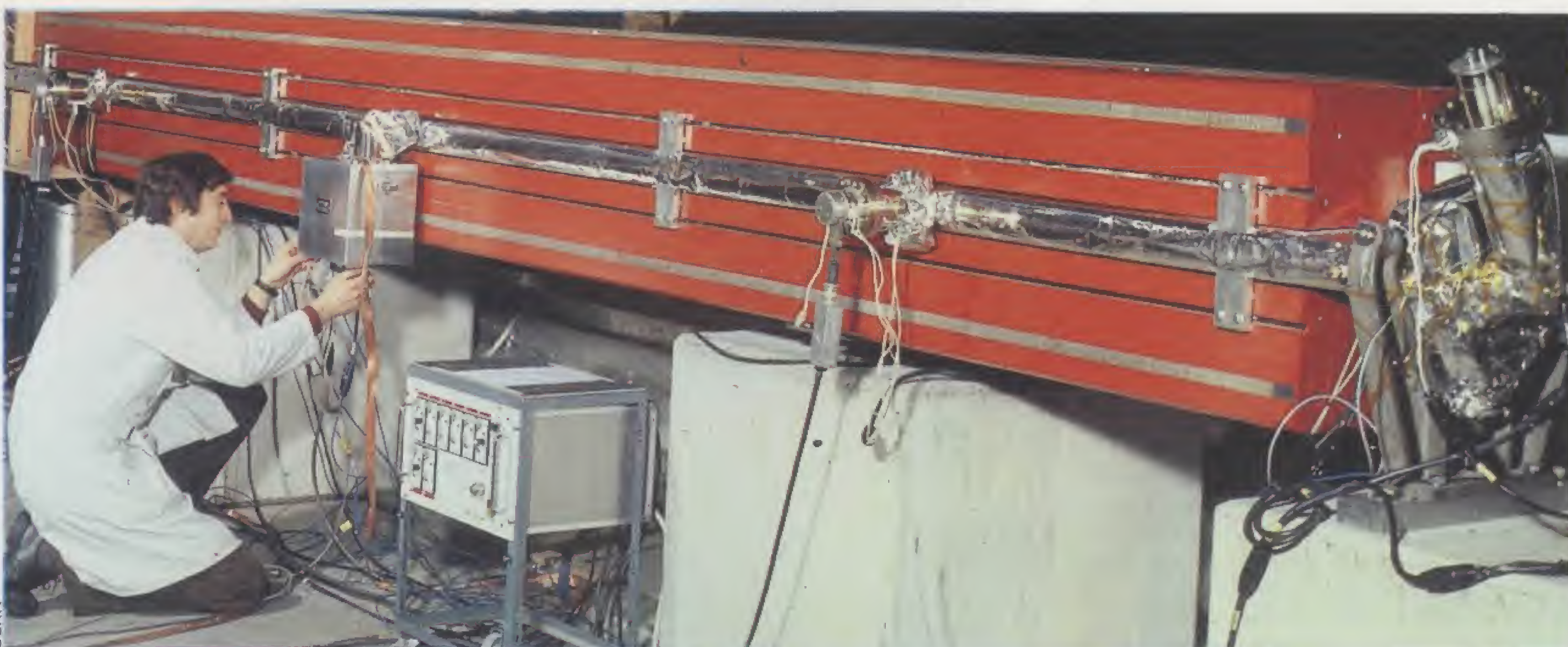
En esta tabla se han reproducido los datos de algunos metales puros que presentan superconductividad en presencia de un campo magnético exterior, generado por la corriente que recorre un superconductor. El paso de conductor a superconductor en ausencia de campo magnético externo se produce a una temperatura aproximadamente constante; en presencia de un campo magnético externo, la temperatura crítica disminuye. El diagrama de abajo describe la variación de la superconductividad con la temperatura crítica T y el campo magnético crítico H. Algunos metales que son buenos conductores a temperatura normal (como el hierro, cobre, oro y platino) dejan de serlo a temperaturas próximas al cero absoluto. En cambio, algunas aleaciones de metales no superconductores resultan buenas superconductoras.

Para el desarrollo de los ordenadores de la próxima generación se han experimentado nuevos tipos de circuitos integrados de memoria con velocidades de acceso muy altas y enorme capacidad de almacenamiento

de datos: son circuitos de "unión Josephson" Aprovechando las propiedades de los superconductores, la unión Josephson (en las dos fotos de abajo) puede conmutar a velocidades de billonésimas de segundo.







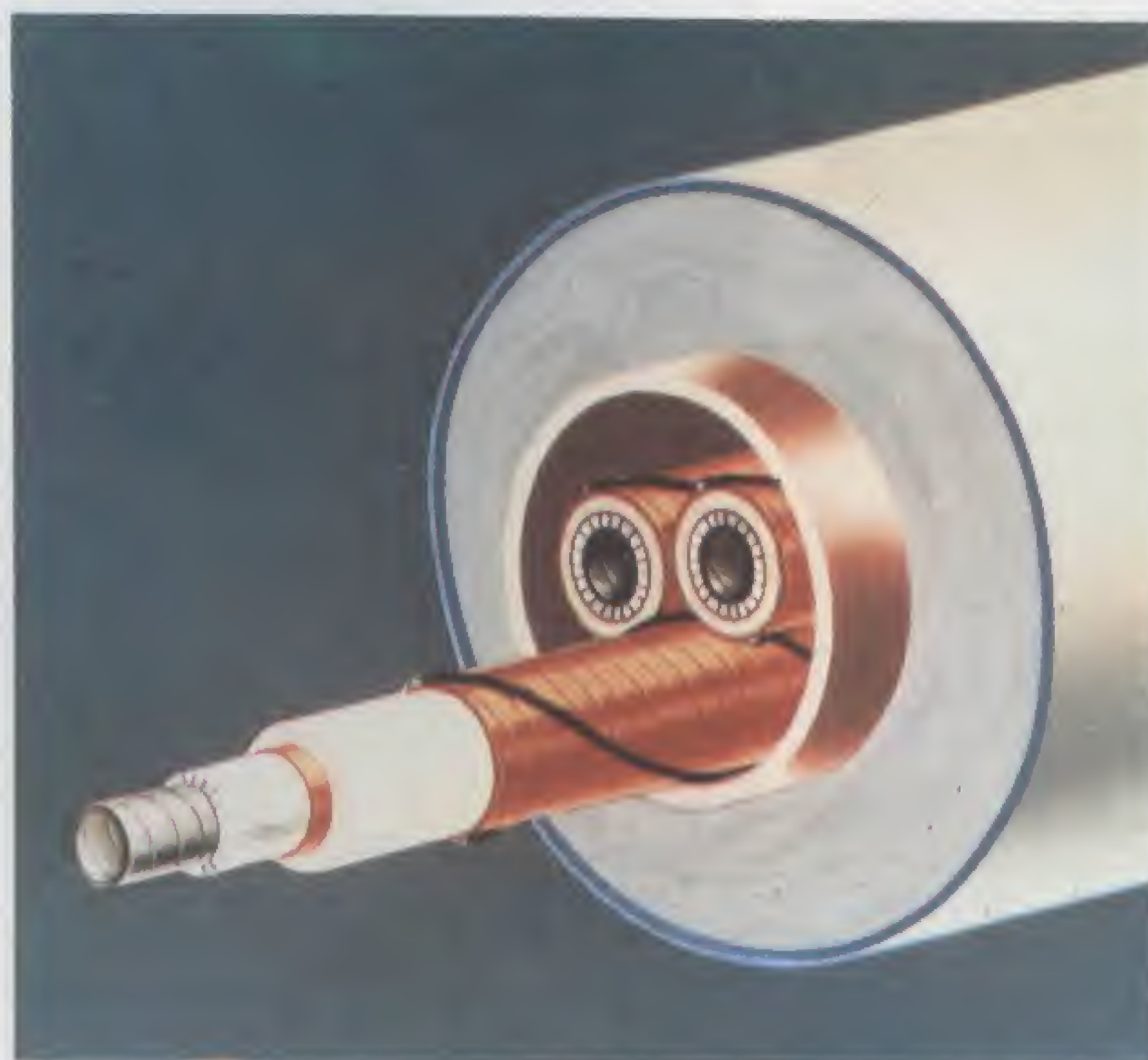
que la muestra se enfriara dentro o fuera del campo magnético. Este efecto se llama "exclusión de flujo" o "efecto Meissner", e implica que al pasar a un estado de superconductor, el material se hace completamente diamagnético.

**Temperatura crítica** Cada uno de los superconductores metálicos, tanto elementos puros como aleaciones, pasa a estado de superconductor a una determinada temperatura específica, llamada *temperatura crítica*, de valor comprendido entre 0,01 K, para algunos semiconductores, y 21 K para la aleación  $Nb_3 (Al_{0.8} Ge_{0.2})$ . Además, se ha observado que los isótopos de un mismo elemento tienen temperaturas críticas distintas, de lo que se puede deducir que este fenómeno depende de la masa atómica de los elementos.

Es interesante destacar que pocos metales superconductores son buenos conductores a temperaturas normales, del mismo modo que buenos conductores, como el oro y la plata, son superconductores mediocres. Para entender mejor lo que sucede al alcanzar las temperaturas críticas es importante conocer algo de la estructura de los metales.

**Estructura metálica y teoría BCS** Los metales en estado sólido están formados por átomos dispuestos según una estructura regular, llamada *red cristalina*; no obstante, algunos electrones están fuera de sus órbitas y vagan libremente entre los átomos, chocando, frecuentemente contra estos últimos y entre ellos mismos. Sin embargo, a temperaturas muy bajas se produce un efecto particular: los electrones se pueden enlazar débilmente por parejas, llamadas "pares de Cooper", aunque manteniendo una cierta distancia entre ellos, de forma que las fuerzas de repulsión eléctrica no rompan el débil enlace.

Cada par de Cooper es un *bosón*, que junto con otros bosones puede descender a un estado de baja energía, al contrario que los electrones aislados (*fermiones*).



Con materiales superconductores se pueden fabricar electroimanes de coste limitado y con características netamente superiores a las tradicionales. El de la foto de arriba es el prototipo que se utilizará en el LEP (Large Electron-Positron): un acelerador de partículas gigantesco con un túnel de 27 km de longitud que ha empezado a construir el CERN bajo el macizo del Jura. Los superconductores se utilizan también para cables subterráneos, como el de la foto de la izquierda, capaces de soportar cargas de un millón de kilovatios. El tema de la superconductividad requerirá años de estudio antes de agotar sus posibilidades.

G.E. Research and Development Center, Schenectady, N.Y.

Las colisiones con los átomos de la red no suponen ningún problema, ya que para romper el enlace que mantiene unido el par se tendrían que romper también otros pares, para lo cual se necesitaría una energía mayor que la generada en los choques. Por este motivo, los electrones viajan por la red sin ninguna interacción, es decir, sin encontrar resistencia eléctrica.

Esta teoría sobre el movimiento de pares libres de electrones fue presentada por primera vez por tres científicos estadounidenses, Bardeen, Cooper y Schrieffer, de cuyas iniciales procede el nombre de teoría BCS.

**Algunas aplicaciones de la superconductividad** Desde 1950 la superconductividad ha demostrado poseer un sorprendente número de propiedades, que se aprovechan para muy distintas aplicaciones: se pueden fabricar electroimanes muy eficientes, capaces de generar cam-

pos magnéticos altísimos sin necesidad de aportar grandes cantidades de energía; también se han fabricado componentes para ordenadores de bajo consumo aprovechando esta propiedad. Un aspecto fascinante de la investigación en superconductores es la *levitación magnética*: se puede conseguir levantar un tren por encima de las vías con ayuda de campos magnéticos enormes, que se pueden obtener haciendo circular una corriente eléctrica por un electroimán de material superconductor.

En el futuro se podrá disponer, gracias a los superconductores, de transportes y sistemas de almacenamiento y recuperación de información en ordenadores cada vez más veloces y con menor consumo de energía.

Véase **Criogenia; Física de partículas; Física de sólidos; Unión Josephson**



# Superfluido

**S**upongamos que vertimos un vaso de agua o de cualquier otro líquido sobre una superficie inclinada. Como es de suponer, el agua escurrirá sobre la superficie y caerá, por efecto de la gravedad, hacia la base de la pendiente. Evidentemente, por más que repitamos este experimento, utilizando líquidos más o menos densos, o variando las condiciones ambientales, siempre obtendremos los mismos resultados. Existe, sin embargo, una sustancia líquida que, bajo unas condiciones muy especiales, es capaz de desafiar a la propia gravedad: el helio II.

El helio es uno de los elementos más abundantes en la Naturaleza: constituye cerca del 23% de la masa de todo el Universo; en la Tierra, sin embargo, la cantidad de helio es muy escasa. La mayor parte se encuentra en la atmósfera (en una proporción de 5 partes de helio por cada 100.000 partes de todos los demás elementos) y bajo la corteza terrestre (donde los depósitos de gas natural contienen una cierta proporción de este elemento). El poco helio que existe sobre la Tierra se encuentra en estado gaseoso, y el único procedimiento conocido para hacerlo cambiar de estado físico se basa en la utilización de complejas técnicas de enfriamiento. La primera vez que se consiguió realizar un cambio de estado de este tipo tuvo lugar a principios de siglo, cuando las nuevas técnicas lograron hacer descender la temperatura por debajo del punto de ebullición del helio; en el transcurso de este proceso se descubrió también otra propiedad especial de los metales sometidos a temperaturas muy bajas, que es conocida con el nombre de *superconductividad*.

**El helio a baja temperatura** A temperaturas muy bajas (próximo al cero absoluto), el helio presenta propiedades realmente sorprendentes. El helio-4 (el número se refiere al número total de protones y de neutrones contenidos en el núcleo), que constituye la mayor parte del helio presente en la Naturaleza, tiene un punto de ebullición igual a 4,21 K, que es una temperatura extremadamente baja (basta pensar que en la escala absoluta de temperaturas, el 0 K corresponde al punto en el cual cesa toda actividad molecular). El helio posee la temperatura de ebullición más baja conocida,  $-268,6^{\circ}\text{C}$  y la más baja temperatura de congelación. Si se hace bajar la temperatura por debajo del punto de ebullición del helio, es decir, por debajo de los 4,21 K, y se llega hasta los 2,18 K, el helio experimenta entonces un nuevo cambio de estado líquido y se convierte en helio II (distinto del helio I). Este líquido, precisamente, se utiliza en el campo de la investigación para estudiar un estado físico muy singular que se da a muy bajas temperaturas y que se denomina *superfluidez*.

El estado superfluido es aquel en el que el líquido presenta una viscosidad nula, es decir, no opone ninguna resistencia al deslizamiento, ni por fricción ni por otras



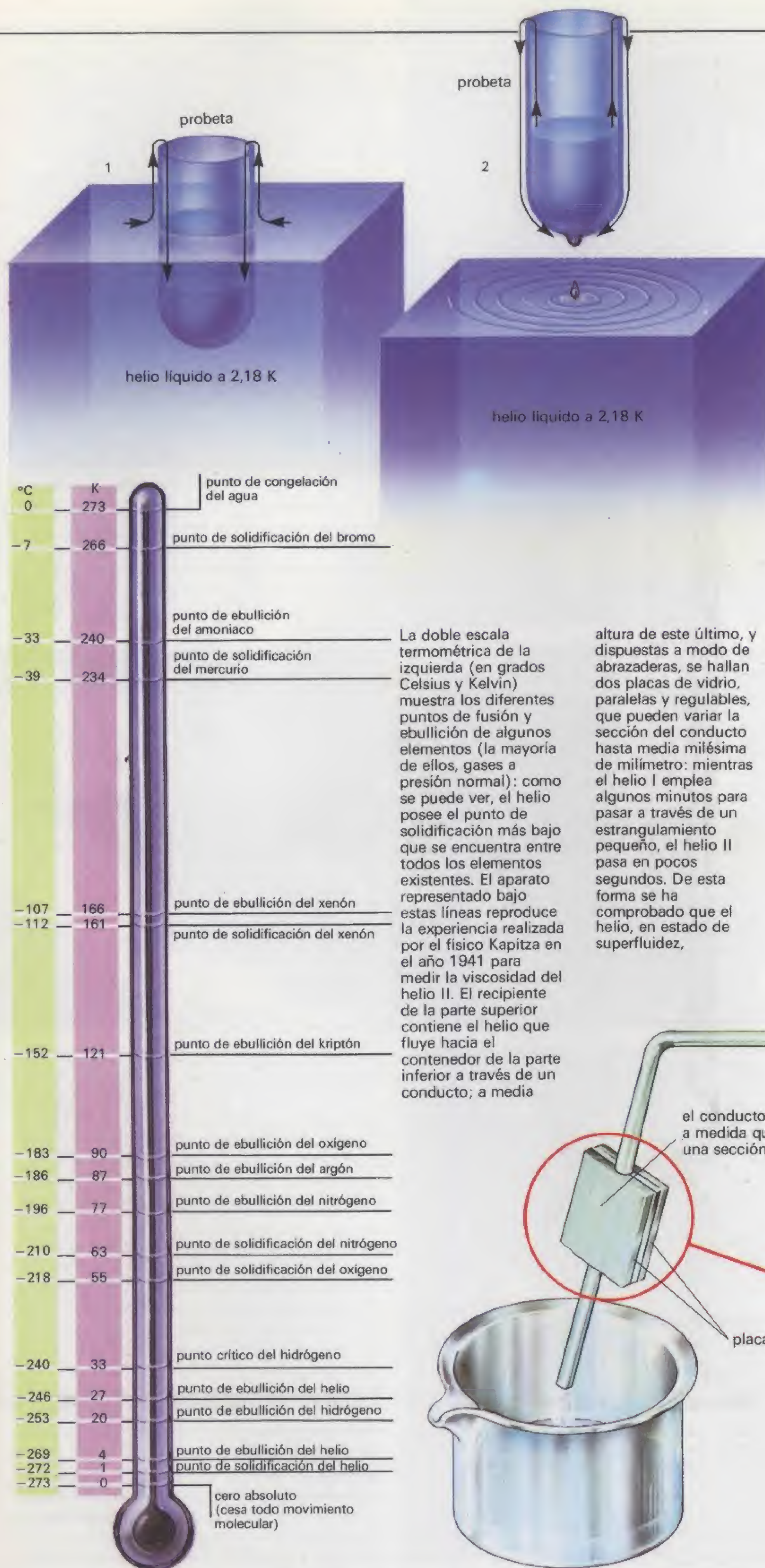
Esta excepcional fotografía, realizada en un laboratorio con helio a  $-271^{\circ}\text{C}$ , muestra experimentalmente cómo el helio II superfluido puede desplazarse en contra de la fuerza de la

gravedad. Otra prueba experimental de este extraordinario comportamiento queda ilustrada en los dos dibujos de la parte superior de la página siguiente: sumergiendo en helio II una probeta, se puede ver cómo se

desliza a lo largo de la pared externa, hacia la parte superior, una sutilísima película de superfluido; una vez que ha llegado al borde, el helio desciende hacia el interior de la probeta (1); sacando la probeta

del superfluido, el helio se desliza en sentido inverso a lo largo de las paredes (2). El espesor de la película de helio que se forma en el experimento es del orden de millonésimas de centímetro.





causas; incluso se ha llegado a comprobar que, en el estado de superfluido, un líquido puede también deslizarse "en contra" de la fuerza de gravedad, desafiando sus efectos, como se había indicado al principio de este artículo. Otra diferencia entre el helio superfluido y un líquido "normal" es que el primero puede deslizarse libremente a lo largo de capilares tan finos y sutiles que ni siquiera resultan accesibles al helio gaseoso, con viscosidad cero.

**Modelo cuántico** Como consecuencia de los diversos experimentos de investigación llevados a cabo en laboratorios con el helio superfluido, se ha establecido que su comportamiento sólo puede ser descrito por aquella rama de la física conocida con el nombre de Mecánica cuántica. La ciencia ha descubierto que el comportamiento de las partículas subatómicas está gobernado por leyes físicas muy particulares. El descubrimiento de la naturaleza cuántica de los superfluidos ha permitido aclarar diversos puntos relacionados con sus estructuras fundamentales. De todos modos, hasta que todos los problemas que presenta la superfluidez no sean aclarados, las características de deslizamiento del helio superfluido seguirán apareciendo, sin más, como hechos sorprendentes e inexplicables.

Véase **Criogenia; Helio; Mecánica cuántica**



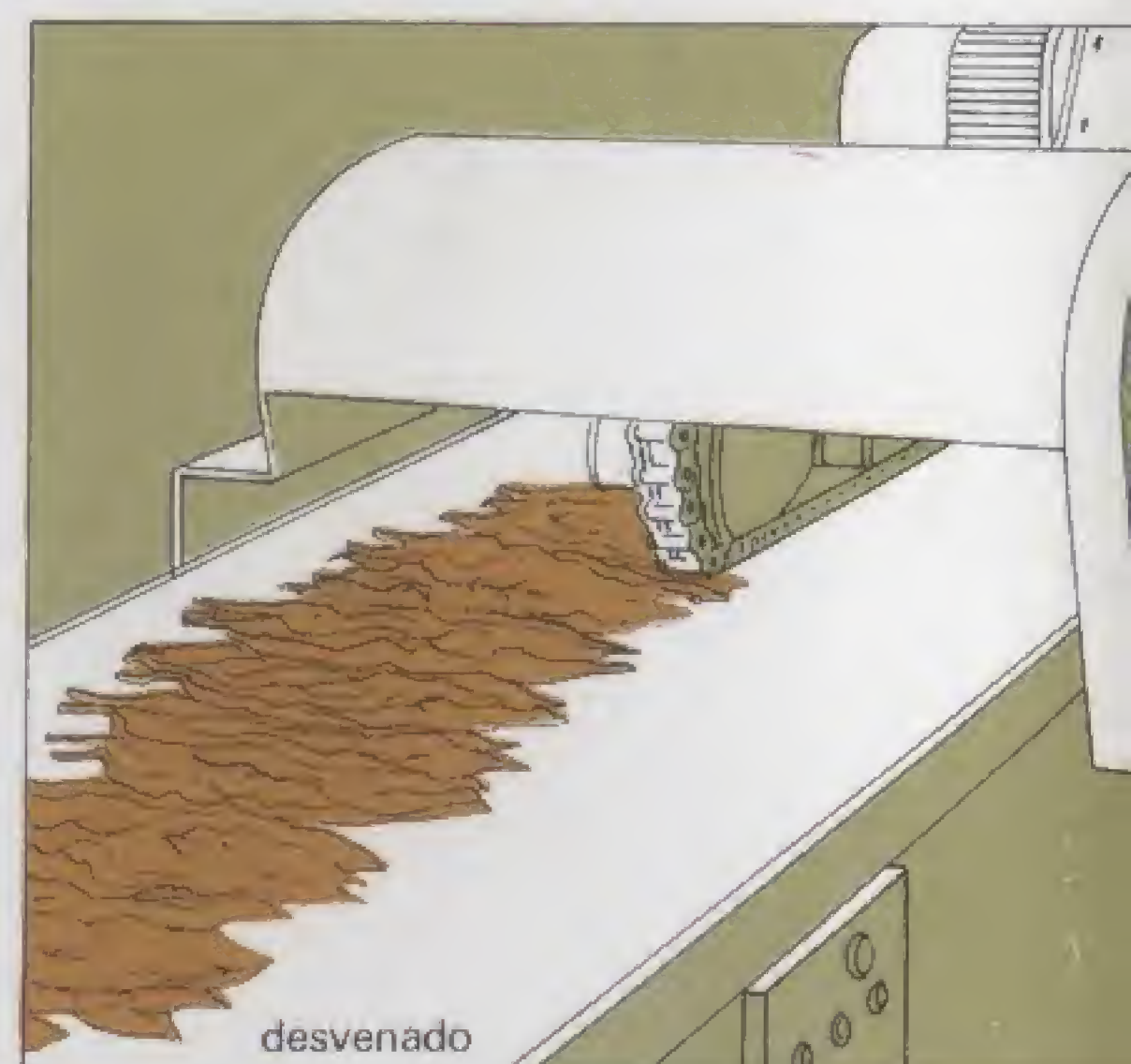
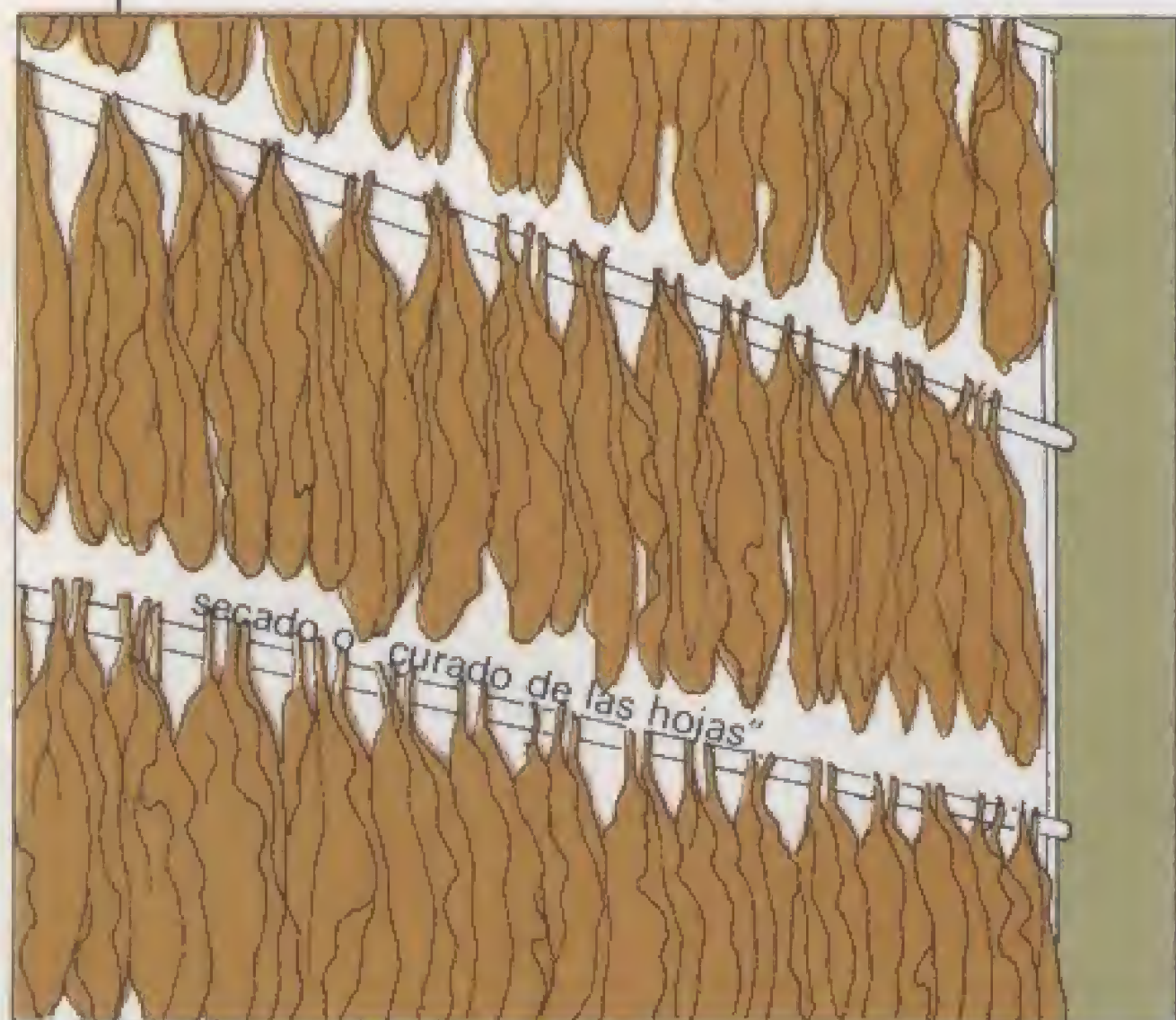
# Tabaco

Una de las muchas sorpresas que esperaban a los conquistadores del Nuevo Mundo era una hierba de extrañas propiedades: la planta del tabaco. Parece ser que las poblaciones americanas, tanto del norte como del sur del continente, utilizaban sus hojas, fumándolas en forma de bastoncillos horquillados durante sus ritos.

El tabaco posee propiedades narcóticas y llega a crear hábito, lo que ha contribuido a aumentar su consumo en todo el mundo. Actualmente, los cigarrillos son la forma de utilización más común del tabaco, seguidos de los cigarros puros, el tabaco de pipa, el tabaco para mascar y el rapé. La nicotina, su componente más importante, es un alcaloide tóxico; es un líquido aceitoso, incoloro, amarillento, y muy higroscópico; se utiliza como aditivo en varios productos letales, en especial en los insecticidas, y se emplea también en medicina y como curtiente. Esta sustancia, así como el género de la planta (*Nicotiana*), toma el nombre de Jean Nicot, embajador francés en Portugal, que en el siglo XVI introdujo el cultivo del tabaco en Europa, recomendándolo a la reina de Francia como medicamento.



Las hojas de tabaco ya maduras se cuelgan boca abajo en hileras y se secan, bien por medios naturales o artificiales. Comienza así un proceso que, tras una serie de operaciones sucesivas, transformará las hojas secas amarillas en el producto terminado. En la secuencia inferior, secado, selección de las hojas, transporte de éstas sobre una cinta continua a la máquina cortadora que procederá al desvenado, humidificación en autoclaves de las hojas recogidas en fardos, picado de las hojas a máquina, fase que las reducirá a un espesor de 7/100 mm con una temperatura de hasta 120-130 °C, y empaquetado. Cuando el producto final es el cigarrillo, una afiladísima navaja corta el "cigarrillo continuo" en unidades regulares, que se



El tabaco es, hoy en día, objeto de numerosas polémicas, ya que los investigadores no cesan de difundir estadísticas en las que su consumo se relaciona directamente con diversas enfermedades, especialmente con el cáncer y el enfisema pulmonares. A pesar de las continuas advertencias sobre los peligros que conlleva para la salud el uso del tabaco, ochenta países se reparten anualmente los beneficios que genera la producción y comercialización de esta planta.

**Cultivo y cuidados** Las semillas de tabaco encuentran el medio óptimo para su desarrollo en suelos bien drenados, ricos en potasa y fósforo, pero sin excesivas concentraciones de nitrógeno. Además, debe conservarse el campo limpio de malas hierbas, para lo cual suelen esterilizarse mediante vapor o quemarse las parcelas que van a ser o han sido cultivadas con tabaco. Las semillas suelen sembrarse en semilleros para ser luego trasplantadas al campo de cultivo. Entre 70 y 130 días des-

pués del trasplante se recogen las hojas grandes. Una operación muy común en el cultivo de tabaco es el *desmoche*, o *desbotonado*, que al eliminar el brote terminal de crecimiento favorece el desarrollo de las hojas.

Las operaciones de secado, maduración y fermentación son cruciales para la determinación del aspecto, la consistencia y el sabor del tabaco. El secado de las hojas es muy importante para fijar determinadas características.

Los métodos de secado son fundamentalmente tres: por aire, por fuego, o mediante conducciones (un cuarto método, el curado al sol, se practica todavía para algunos tipos de tabaco, como el turco o el aromático). El método de secado con aire requiere de uno a dos meses y consiste en colgar las hojas o la planta entera boca abajo en un edificio bien ventilado y, algunas veces, caldeado artificialmente.

El secado con fuego es similar al anterior: necesita de tres a diez semanas y las hojas colgadas consiguen un característi-

co sabor a ahumado debido al humo de la leña que se quema en el recinto.

El secado mediante conductores se realiza en pequeñas casetas, dotadas de hornos (alimentados con aceites combustibles, gas líquido, leña o carbón) y de un sistema de tuberías, en las que se aprovecha el calor radiante para secar las hojas.

**Tratamiento, venta y consumo** Las hojas de tabaco, una vez secas, se humedecen en bodegas especiales para poder ser tratadas más fácilmente. Las hojas se pican y mezclan a máquina, y en ocasiones se añaden a este preparado edulcorantes y aromatizantes. Los *tabacos de pipa* y de *mascar* necesitan aditivos y son sometidos a tratamientos particulares de presión y de calor. El *rapé* se fabrica con hojas fermentadas, curadas con fuego, que luego se trituran hasta convertirlas en polvo y se aromatizan. El rapé se consume por inhalación o poniéndolo sobre las encías, de modo que la nicotina sea absorbida por la mucosa y penetre directamente en el flu-

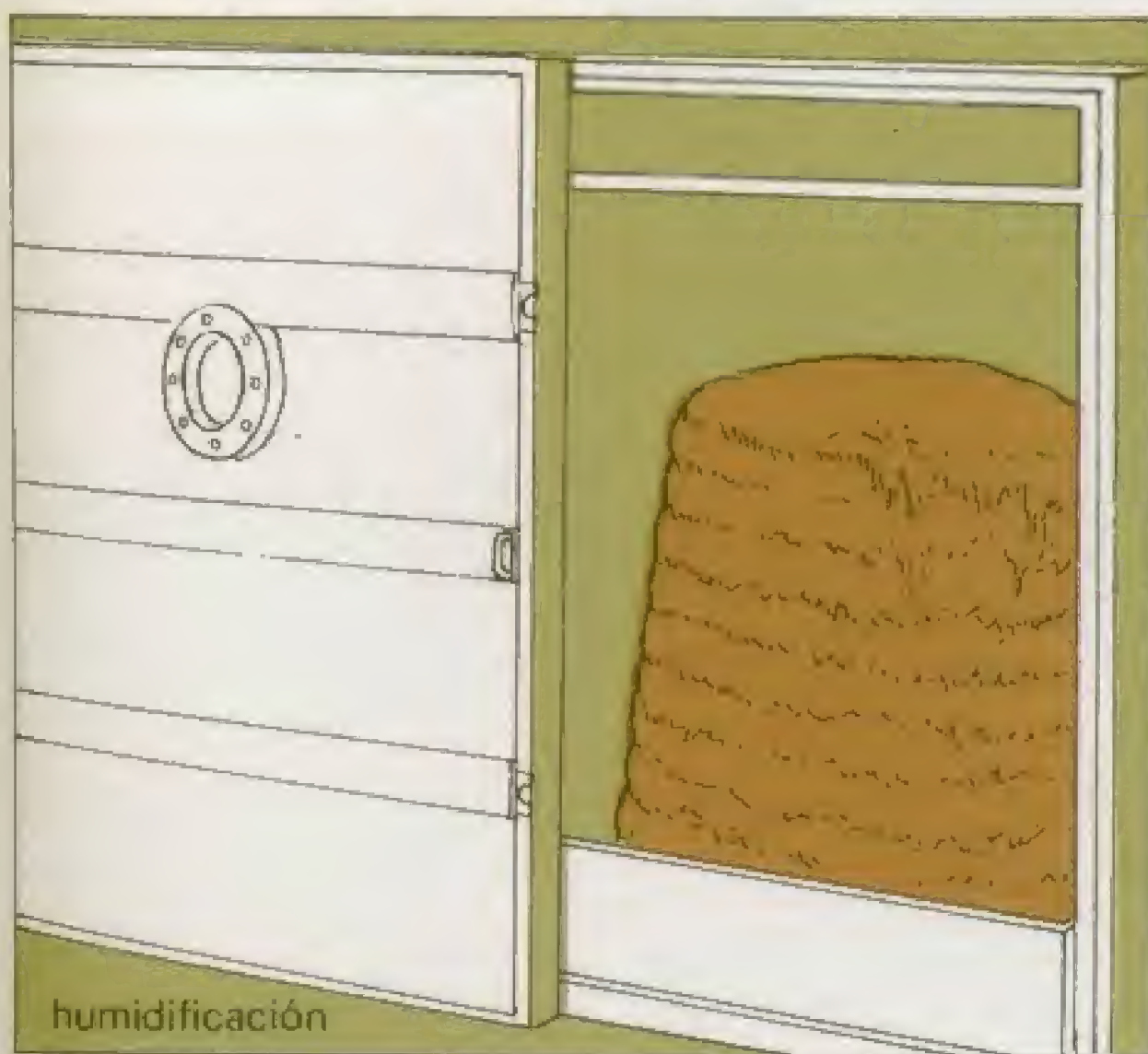


jo sanguíneo. Los *cigarrillos* y la mayor parte de los *cigarros puros* se fabrican a máquina. Estos últimos están formados por un núcleo, denominado "tirulo" y una hoja exterior, de gran calidad, llamada "capa". A su vez, el tirulo está compuesto por cierta cantidad de fragmentos irregulares de tabaco, o "tripa", y el "capillo", una hoja envolvente de menor calidad.

En Estados Unidos, Canadá, Australia y África Central, las hojas crudas de tabaco salen a subasta, mientras que la mayor parte de la producción mundial se vende mediante contratos privados o por medio de intermediarios encargados de transferir las órdenes de pedido de un país a otro.

El tabaco es, sin duda, una de las mayores fuentes de ingresos fiscales para los países de todo el mundo. Existen impuestos especiales que gravan las hojas almacenadas, el producto acabado y las importaciones, proporcionando cuantiosos beneficios a los monopolios estatales.

La mayor parte del tabaco se consume en las propias zonas de producción y sólo el 20% llega al mercado internacional. En la exportación entran en juego más de sesenta países, en particular India, Grecia,



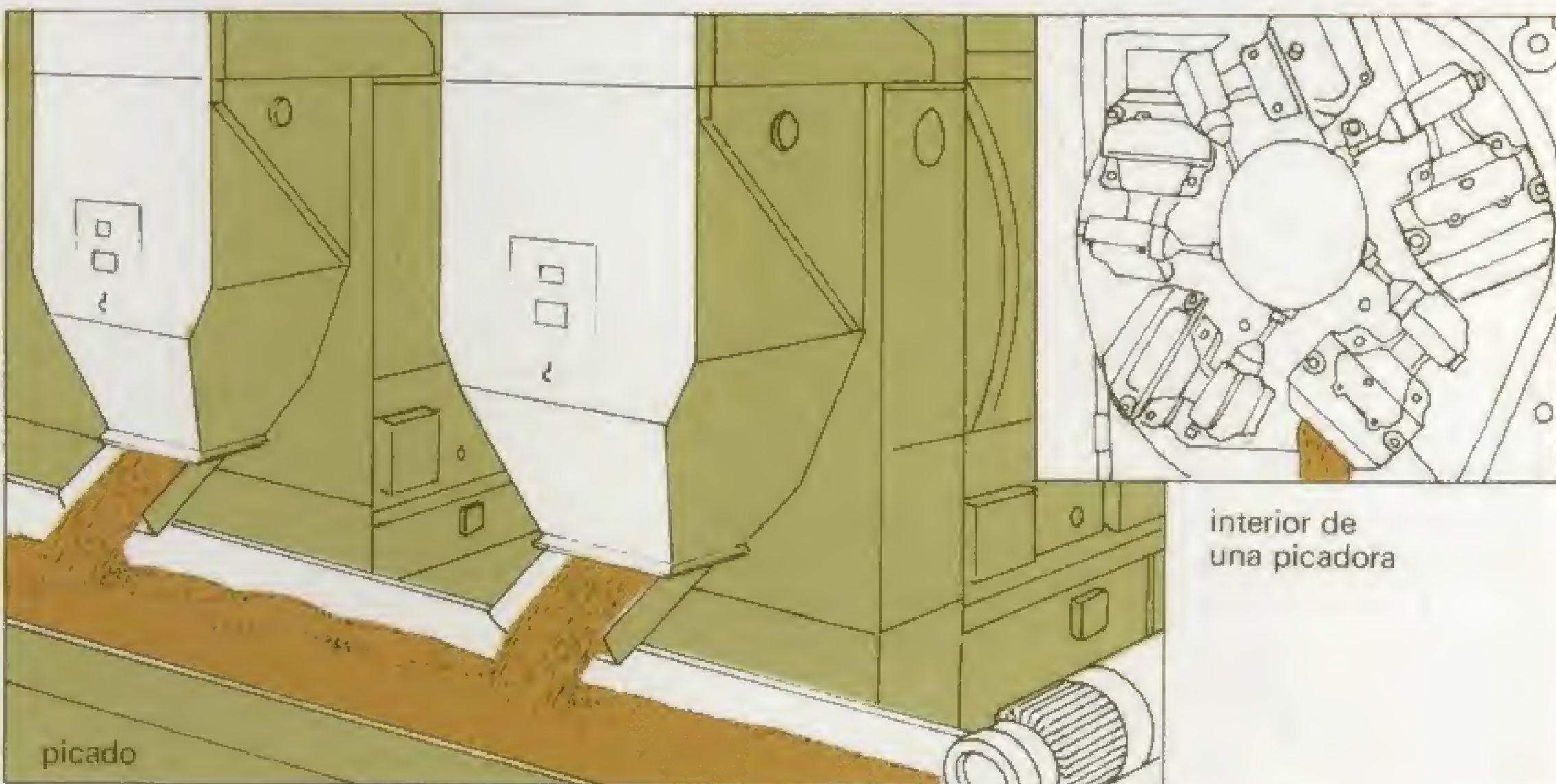
humidificación

→ colocan en los compartimentos de un cilindro rotante y transparente. Después, estas unidades se depositan en una cinta transportadora que los conduce a las máquinas confeccionadoras. El uso del tabaco para fumar tiene raíces muy antiguas. En América, de donde es originaria la planta de tabaco, los indios concebían el hecho de fumar como un ritual religioso, y utilizaban para ello

las pipas de piedra roja procedentes de Minnesota; los indios del Sur, por su parte, usaban el tabaco en polvo para inhalar, mientras los mayas lo envolvían en las hojas del maíz. La especie de tabaco más difundida es la *Nicotiana tabacum*. En la página anterior, arriba, la planta florecida con sus elementos constitutivos. En esta página, arriba, una plantación de cultivo de tabaco.

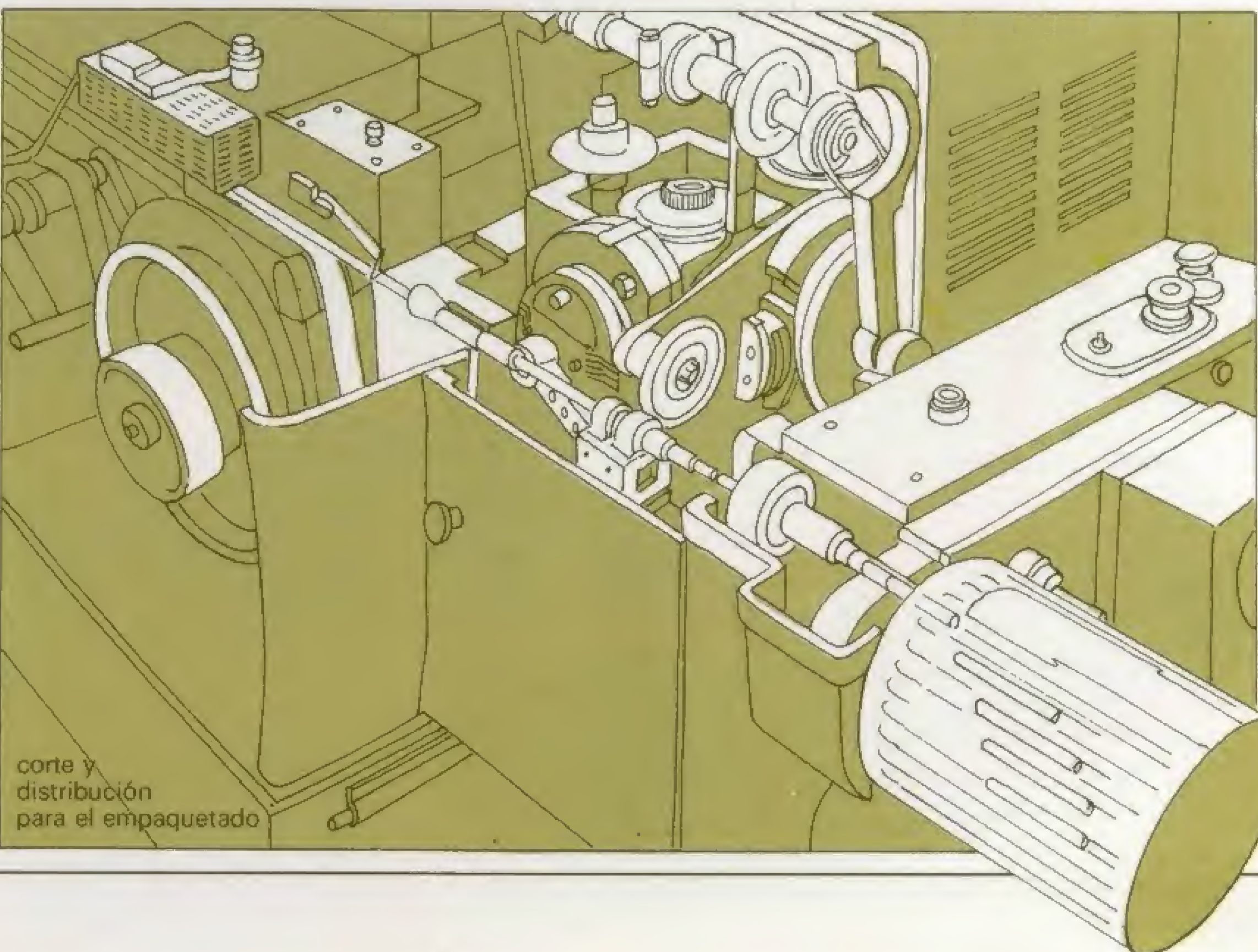
Brasil, Cuba, Turquía y, especialmente, Estados Unidos. Durante largo tiempo, Gran Bretaña ha sido el principal importador de hojas de tabaco. La Unión Soviética, Francia, Japón, República Federal Alemana y Estados Unidos son también grandes importadores.

Véase **Agricultura**



interior de una picadora

picado



corte y distribución para el empaquetado



# Tabla periódica de elementos

**L**os científicos intentan describir los fenómenos que estudian en términos universales con el fin de poder hacer generalizaciones que muestren el orden existente en el Universo dentro del aparente desorden. Un sistema de clasificación apropiado es algo crucial para toda descripción científica, como ilustra, por ejemplo, el desarrollo de la tabla periódica de los elementos.

**Átomos, elementos y la historia de su clasificación** Se entiende por elemento todo cuerpo simple o sustancia pura formada por átomos idénticos que no puede descomponerse en otras más sencillas por los medios químicos habituales. Entre los griegos estaba difundida la opinión de que existían sólo cuatro elementos: tierra, aire, fuego y agua. Se consideraba que ta-

les elementos eran divisibles hasta el infinito y que podían combinarse uno con otro en cualquier proporción hasta el extremo de poder formar los miles de diferentes tipos de materia de la cual está constituido el mundo. Por la misma época, Demócrito propuso la existencia del átomo como unidad básica e indivisible de la materia que admitía formas distintas para cada elemento.

A comienzos del siglo XIX, el químico inglés John Dalton, haciendo revivir la teoría de Demócrito, propuso de nuevo que la materia estaba constituida por átomos indivisibles. Además, Dalton sostenía que los elementos se combinaban entre sí para formar compuestos. Había así sólo un pequeño número de tipos básicos de átomos, cada uno de los cuales correspondía a un elemento. A partir de entonces, los

científicos intentaron organizar su vasto conocimiento de los elementos y de sus propiedades de una forma más general. Era evidente que había algunas semejanzas generales entre éstos. Algunos, como el oxígeno y el nitrógeno, son gases. Otros, como el hierro y el cobre, son sólidos metálicos, mientras que el azufre es, sin embargo, un sólido no metálico.

En 1829, el químico alemán Johann Döbereiner descubrió la existencia de determinadas tríadas de elementos con propiedades similares, como, por ejemplo, que el peso atómico del elemento central de la tríada era igual a la media de los pesos atómicos de los otros dos. El cloro, el bromo y el yodo formaban una de estas tríadas, y lo mismo sucedía con el litio, el sodio y el potasio. En 1865, el químico inglés John Newlands, al disponer los elementos

[illegible]



Tras los intentos del siglo XVIII, fue sobre todo en el XIX cuando se procedió a disponer los elementos en grupos, según la semejanza de sus características. Al final, fueron capaces de dar a esta clasificación la forma de una tabla, llamada *sistema periódico*, puesto que indicaba la periodicidad, en series o períodos, de propiedades similares en los elementos (*ley*

La elaboración de las primeras tablas periódicas permitió a los científicos descubrir nuevos elementos e indicar las propiedades de otros que aún faltaban, dando, por tanto, una dirección a las investigaciones. Aún hoy en día la tabla periódica continúa guiando a los científicos en la búsqueda de nuevos elementos. Hace un siglo los científicos buscaban elementos en los minerales presentes en la Naturaleza; actualmente intentan crearlos en el laboratorio. Se sabe, además, que un átomo

periódicamente con el aumento del peso atómico. La intuición del descubridor del sistema periódico permitió proseguir el estudio de las propiedades periódicas en una época en que no se conocía ni siquiera cuál era la razón exacta del peso de los átomos. Mendeleev consiguió incluso mostrar que, en la ordenación de los átomos por peso atómico creciente, había inversiones, que él descubrió porque aparecían invertidas las secuencias periódicas de otras propiedades distintas del peso. En aquella época se desconocía que esto era debido a la masa del núcleo y que las propiedades químicas eran debidas a la disposición de los electrones más externos de cada átomo. Pero esto también hubiera resultado insuficiente, en cuanto que, para alcanzar la tabla que aquí vemos, es necesario conocer a fondo las razones de la disposición de todos los electrones del átomo, incluso de los más internos (aunque esto no es indispensable para todos los elementos).





no es indivisible: está compuesto de minúsculas partículas, llamadas electrones, que giran alrededor de un núcleo central, mucho más pesado, que contiene otras partículas, llamadas protones y neutrones. Todos los átomos de un mismo elemento tienen el mismo número de protones en el núcleo (*número atómico*). El número de neutrones, en cambio, puede variar, dando lugar a la existencia de átomos del mismo elemento con *números másicos* (suma de protones y neutrones) diferentes (*isótopos*).

Mendeleev distribuyó los elementos en filas (*series o períodos*) y columnas (*grupos o familias*) por orden creciente de su peso atómico. Sobre la tabla resultante, llamada *sistema periódico*, los elementos situados en la misma columna tienen, en general, propiedades químicas similares y se dice que pertenecen a la misma familia química. Los metales extremadamente activos (litio, sodio, potasio, una de las tríadas de Döbereiner) están todos en la primera columna de la izquierda, junto con el rubidio, cesio, francio, y todos ellos constituyen la familia de los metales alcalinos. El cloro, el bromo y el yodo —otra tríada— están en la segunda columna de la derecha, y son miembros de la familia de los halógenos, que comprenden también el flúor y el astato.

El gran valor del sistema periódico de Mendeleev estriba en que muestra las semejanzas entre los elementos no sólo en forma de tríadas, sino también según una red de relaciones verticales, horizontales y diagonales. Constituyó, por tanto, una clasificación muy útil. Los elementos metálicos, en general, están situados en el centro y a la izquierda de la tabla. Cuanto más baja es su posición en la tabla, más acusadas son las características metálicas que poseen. Los metales nobles o inertes, que comprenden el platino, el oro y la plata, se encuentran situados hacia el centro-derecha de la tabla.

La tabla periódica actual contiene al menos 106 elementos (los elementos 104, 105 y 106 no tienen aún nombre oficial), colocados por orden creciente de su número atómico. La tabla de Mendeleev constaba inicialmente de sólo 63 elementos y tenía algunos huecos que Mendeleev, acertadamente, predijo que correspondían a elementos aún por descubrir. Con gran intuición fue capaz de adelantar una descripción de tres de ellos, basándose, tan sólo, en las propiedades de sus elementos adyacentes de la tabla.

Sus predicciones resultaron correctas, puesto que estos tres elementos —galio, escandio y germanio— fueron descubiertos aún en vida suya y sus propiedades correspondían perfectamente con las que él había adelantado.

**El modelo de niveles** Aunque la tabla de Mendeleev mostrase la naturaleza periódica de los elementos, fueron los científicos del siglo XX quienes explicaron el porqué de esta disposición. Para ello se guiaron en su investigación de los recién

tes modelos sobre la estructura del átomo. Los electrones que circundan el núcleo de cada átomo están situados en grupos llamados *niveles*, y cada nivel puede contener como máximo un cierto número de electrones. El comportamiento químico de un elemento viene determinado por el número de electrones del nivel más exterior: los *electrones de valencia*. En efecto, estos electrones son los que se transfieren de un átomo a otro o los que se comparten para realizar los enlaces químicos, y dar así lugar a los compuestos iónicos o moleculares. Todos los elementos cuyos átomos tienen un sólo electrón en el último nivel se comportan de modo similar en las reacciones químicas; lo mismo ocurre con los que tienen dos, tres... electrones en el nivel exterior. La tabla de Mendeleev ordenaba los elementos de tal modo que los elementos de una misma columna tenían el mismo número de electrones en su nivel exterior, o les faltaba el mismo número para completarlo.

Durante un cierto tiempo, dio la impresión de que un grupo de elementos no se adaptaba a esta ley de ordenación. Los 14 elementos que seguían al lantano eran prácticamente idénticos desde el punto de vista químico y no seguían el esquema establecido por el sistema de Mendeleev. El misterio fue resuelto cuando se

descubrió que para estos elementos se abre, en un nivel interno, un espacio extra o subnivel que había sido ignorado para los elementos más ligeros. Los lantánidos, nombre con que se conoce a estos elementos, tienen tres electrones en el nivel externo —lo que explica su semejanza química— pero tienen diferente número de electrones en el subnivel 4f (desde 1 hasta 14, en el último elemento de esta serie). Por esta razón, los lantánidos están situados en una fila separada bajo el cuerpo principal de la tabla de Mendeleev. Los actínidos, otra serie de 14 elementos que sigue al actinio con un comportamiento electrónico similar, están situados en la tabla debajo de los lantánidos. Han sido proyectados sistemas periódicos alternativos para incluir estas dos series y mostrar su relación con todos los otros elementos. Estas versiones del sistema periódico están más elaboradas que la de Mendeleev, y algunas sitúan los elementos en complicadas espirales bi y tridimensionales.

**Elementos transuránicos** El más pesado de los 88 elementos que se encuentran en la Naturaleza es el uranio. De los elementos obtenidos en el laboratorio, cerca de 18, hay muchos que son más pesados que el uranio, por lo que reciben el nombre de elementos transuránicos. Todos

H = 1			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
		Ni =	Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199
			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
			Zn = 65,2	Cd = 112	
			? = 68	Ur = 116	Au = 197?
			? = 70	Sn = 118	
			As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
			Se = 79,5	Te = 128?	
			Br = 80	J = 127	
			Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
			Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
			Ce = 92		
			La = 94		
			Di = 95		
			Th = 118?		
	Be = 9,4	Mg = 24			
	B = 11	Al = 27,4			
	C = 11	Si = 28			
	C = 12	P = 31			
	N = 14	S = 32			
	O = 16	Cl = 35,5			
	F = 19	K = 39			
Li = 7	Na = 23	Ca = 40			
		? = 45			
		?Er = 56			
		?Yt = 60			
		?In = 75,6			

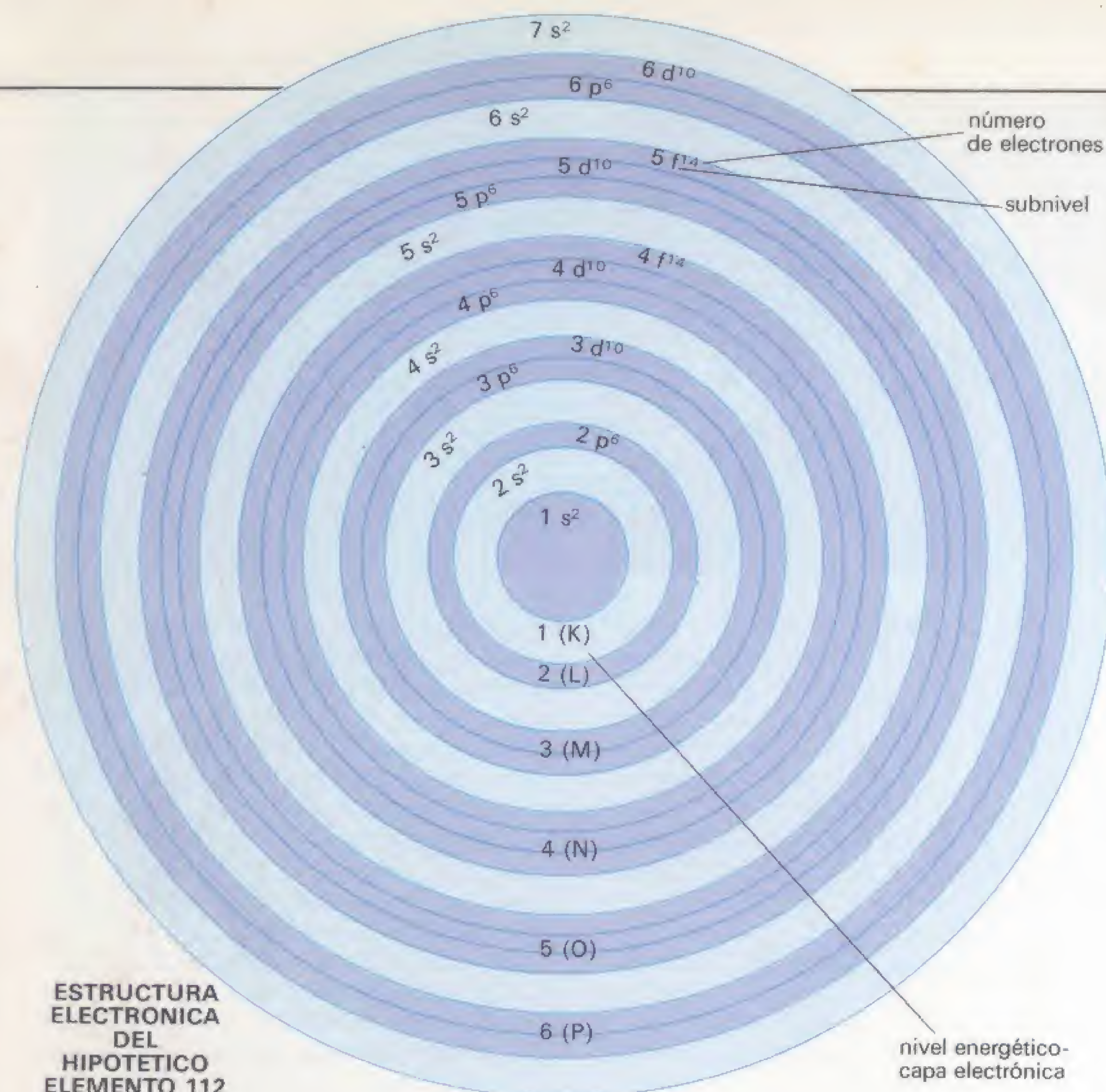
Sobre estas líneas, puede observarse la tabla periódica de los elementos tal y como fue diseñada por Mendeleev y publicada en la *Zeitschrift für Chemie*, en 1869. Las interrogaciones corresponden a elementos cuya existencia pronosticó el autor, pero que no habían sido todavía descubiertos. El peso atómico (masa atómica) es casi siempre aproximado.

Estos huecos los había rellenado para respetar la periodicidad de las propiedades químicas de los otros elementos clasificados. Emitió algunas notables previsiones sobre los elementos que deberían ocupar tales huecos. El posterior descubrimiento de estos elementos, que presentaban, además, las propiedades previstas, persuadió a los científicos más escépticos de la

validez de la ordenación realizada por Mendeleev. En la página siguiente, arriba, puede observarse la estructura electrónica de un átomo, en este caso, de número atómico 112. Se trata de un elemento superpesado, aún no sintetizado y dotado de enorme inestabilidad. Sin embargo, las leyes de la estructura electrónica de los átomos son en tal grado conocidas que la estructura de cualquier

átomo puede determinarse con gran exactitud. La ley según la cual se distribuyen los electrones en torno a los núcleos muestra que existen dos series de elementos dotados de propiedades químicas similares entre ellos, como los lantánidos y los actínidos. Estas mismas leyes prevén la existencia de una serie "superactínida" a partir del elemento de número atómico 122 y hasta el 153.





ESTRUCTURA ELECTRÓNICA DEL HIPOTÉTICO ELEMENTO 112

número de electrones

subnivel

nivel energético-capa electrónica

ellos son radiactivos; sus átomos son inestables y se transforman, algunos en menos de un segundo, en átomos de elementos estables y más ligeros.

Según algunos científicos, existen ciertos números "mágicos" como el 110, 164 y 204, con "islas de estabilidad" donde pueden existir elementos estables o elementos radiactivos cuyos átomos sólo se transforman después de un largo período de tiempo.

La "magia" de estos números se debe a la posibilidad de los nucleones (protones y neutrones) de formar parejas (o grupos) de cuatro partículas que confieren una particular estabilidad al complejo nuclear.

En efecto, existen números "mágicos" también en el sistema periódico de elementos conocido y corresponden a núcleos dotados de fuerte estabilidad. En determinados núcleos adyacentes a éstos se ha observado una gran tendencia a formar núcleos con número mágico, llegándose al caso de emitir incluso neutrones con tal de alcanzar aquella condición de estabilidad. Sin embargo, las dificultades de obtener estos nuevos elementos con los habituales métodos de bombardeo con iones pesados parecen, por el momento, insuperables.

Véase Elementos químicos; Isótopos

La electronegatividad de un átomo mide la tendencia relativa de ese átomo a atraer los electrones de un enlace; es un índice de su "apetencia" electrónica o carácter electrofílico. Esta propiedad está íntimamente ligada a

las dimensiones del átomo. En efecto, los electrones expuestos al alejamiento del átomo, que suelen ser los exteriores, están más o menos unidos al núcleo, según la distancia respectiva existente. Por ejemplo, en los metales

alcalinos, como el cesio, el electrón más exterior, dado que el átomo es muy grande, está poco unido, porque está relativamente distante del núcleo. En cambio, en un átomo de pequeñas dimensiones, como el flúor, la

distancia de los electrones más externos es pequeña y el electrón está unido más fuertemente al núcleo. El primero es, por tanto, poco electronegativo, el segundo, mucho. Esta propiedad se muestra en la tabla por medio

de la variación de la intensidad de color. Las dimensiones del átomo vienen, en cambio, dadas por el diámetro del disco que lo representa. El tamaño del átomo es uno de los varios factores que pueden influir en la

electronegatividad de un elemento. El conocimiento de la electronegatividad es importante para prever el carácter iónico de un enlace, dado por la diferencia de las electronegatividades de los átomos que lo forman.

VALORES DE ELECTRONEGATIVIDAD (ESCALA DE PAULING) Y DIMENSIONES ATÓMICAS DE UNA SERIE DE ELEMENTOS

H 2,1						
Li 1,0	Be 1,5	B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0
Na 0,9	Mg 1,2	Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0
K 0,8	Ca 1,0	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8
Rb 0,8	Sr 1,0	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5
Cs 0,7	Ba 0,9	Tl 1,8	Pb 1,8	Bi 1,9	Po 2,0	Xe 3,1



# Tacto

**E**l tacto, uno de los sentidos más complejos, es un sentido infravalorado, a pesar de ser fundamental tanto para la percepción emotiva como para nuestra propia supervivencia.

En términos de supervivencia, un individuo es capaz de vivir en ausencia de otros sentidos: vista, oído, olfato y gusto. Pero sin el tacto una persona moriría en seguida. En primer lugar, no podría moverse, como lo hace el ciego, tocando los objetos; además no podría sentir el calor o el frío excesivos así como muchos tipos de dolores. Podría morir por congelación o por quemaduras y no sería capaz de percibir las heridas o los traumatismos graves. Afortunadamente estamos bien protegidos, dado que el organismo humano posee millones de terminaciones nerviosas distribuidas en distintas zonas del cuerpo, que entran en acción cuando se ejerce el sentido del tacto.

**Significado psicológico** El tacto se desarrolla en los seres humanos incluso antes del nacimiento.

Un feto es ya capaz de percibir ruidos externos y débiles sensaciones luminosas, pero el sentido más importante de esta fase de la vida es precisamente el de la percepción táctil. El feto empuja contra las paredes uterinas con los pies y las manos; a través de las paredes del útero percibe la limitación del ambiente y el calor. El tacto es por lo tanto el sentido *primario*, el primero en desarrollarse.

Las primeras sensaciones agradables que el niño recibe se perciben a través del tacto. Cuando se alimenta del pecho materno, el niño utiliza los labios, que poseen numerosas terminaciones nerviosas capaces de transmitir una sensación táctil.

Los niños experimentan placer cuando se sumergen en un baño de agua tibia. Entre los adultos, el sentido del tacto transmite los mensajes más íntimos del beso, de la caricia y, finalmente, de la relación sexual. Nos comunicamos mejor con la persona amada y con mayor intimidad a través de las sensaciones táctiles. Se ha demostrado que los niños que no son mimados, acariciados y "tratados" afectuosamente no crecen igual que los demás niños. En los peores casos se producen verdaderos daños psicológicos.

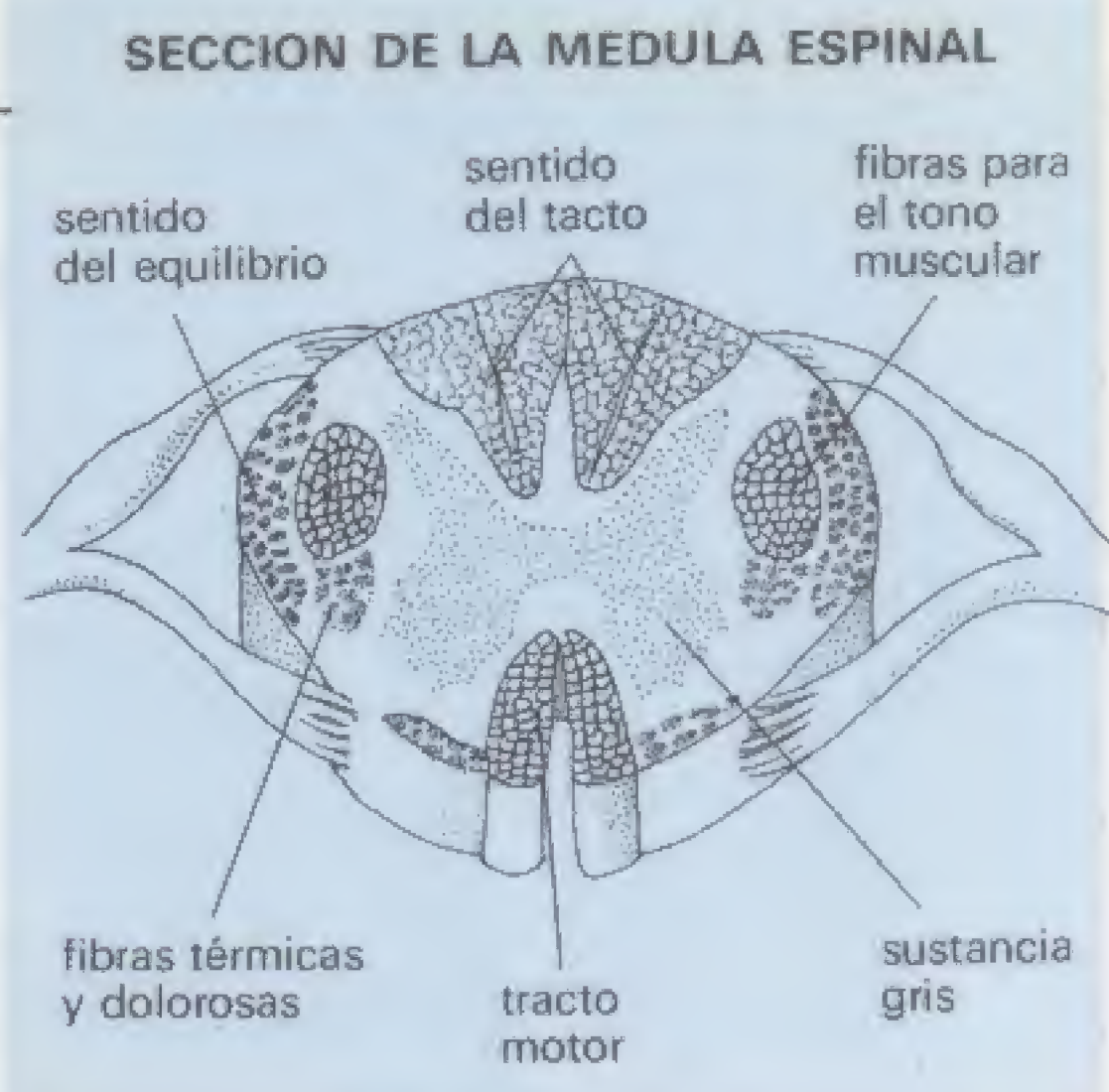
**Organos** En realidad, el tacto no es sólo un sentido, sino un conjunto de sensaciones distintas e íntimamente relacionadas.

Esquemáticamente, el aparato a través del cual experimentamos las sensaciones táctiles está constituido por los receptores periféricos (que reciben por primera vez el estímulo), una vía nerviosa de conducción y un centro nervioso, al que llegan los impulsos y se transforman en sensaciones de contacto. Los *receptores táctiles* están situados en la piel y en la raíz de las formaciones pilíferas. Su conformación y colocación varían según el tipo de sensación que revelan. Los *corpúsculos de Ruffini*, por ejemplo, están localizados en el



tejido subcutáneo, son fusiformes y registran la sensación de calor. Los *corpúsculos de Krause*, de aspecto cilíndrico o esferoidal, están distribuidos en los estados superficiales de la dermis, en el epitelio conjuntival del ojo, del paladar y de la lengua y registran sensaciones de frío. Los corpúsculos genitales son una variedad de los de Krause y se encuentran en los genitales externos.

Las *terminaciones nerviosas libres* reaccionan ante las heridas y otras lesiones causadas a nuestro organismo. Constituyen el tipo de receptor táctil menos especializado. Los *corpúsculos de Pacini*, situados en lo profundo de la piel de algunas zonas del cuerpo, están especializados en revelar rápidos cambios de presión sobre la piel. Si la presión es leve, notamos una sensación agradable, pero si la presión es fuerte la sensación se hace desagradable y, si continúa aumentando su intensidad, llega a provocar dolor. Así, por ejemplo, un masaje puede proporcionarnos una

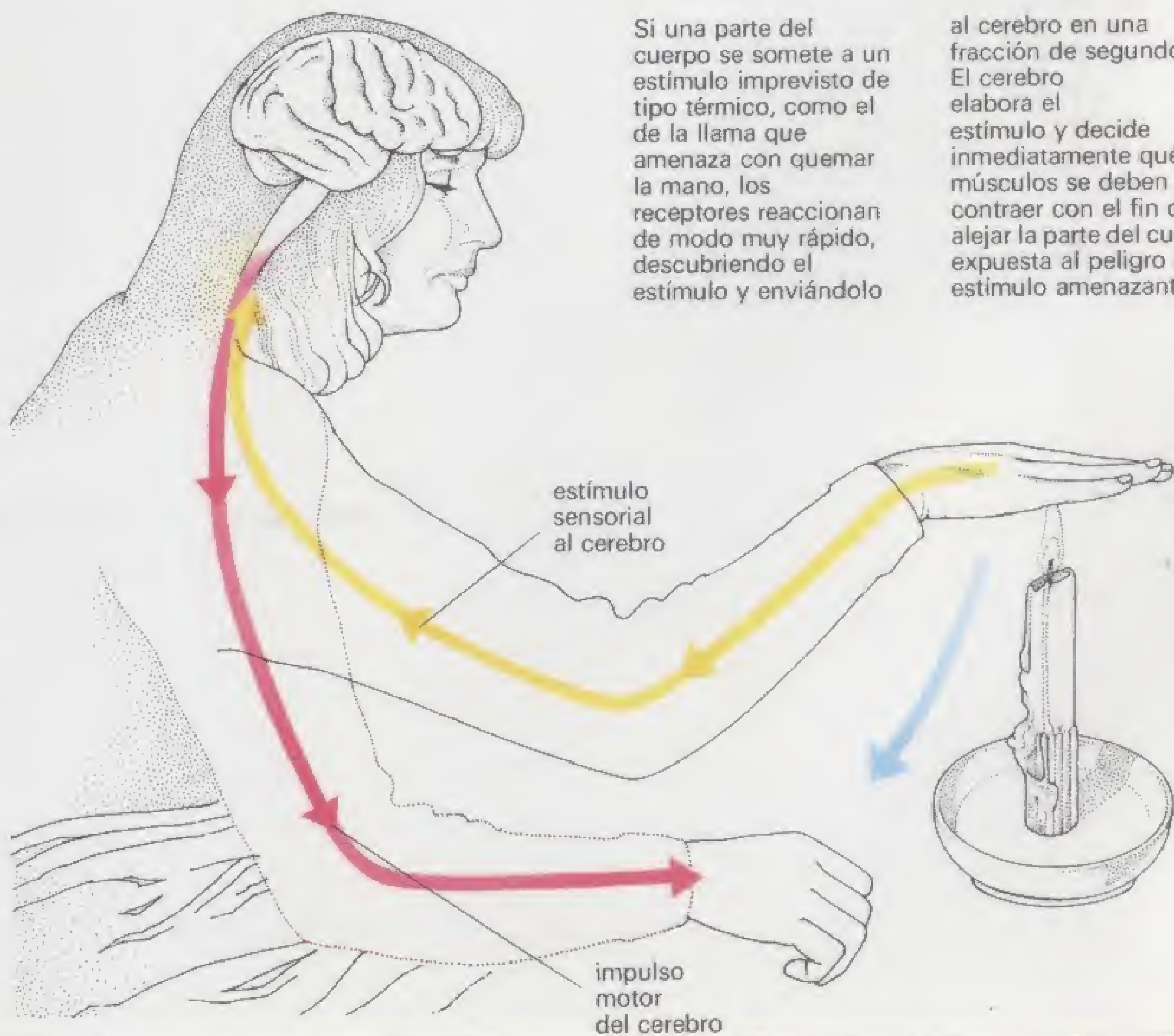


sensación placentera, un asiento duro puede ser percibido como incómodo y una caída, a través de la cual se ejerce una fuerte presión al chocar con el suelo, se traduce en una sensación dolorosa.

La sensación de lo que puede ser llamado tacto, en sentido estricto, se registra en los *corpúsculos de Meissner* que se encuentran en las yemas de los dedos, por lo que éstos son extraordinariamente sensibles al tacto. Por ejemplo, a través del tacto una persona es capaz de distinguir, cogiéndolos con los dedos, entre dos hilos cuyo diámetro difiere en dos diezmilésimas de milímetro, señalando cuál de los dos es el más delgado.

Los receptores sensoriales no se distribuyen uniformemente sobre la piel. Existen zonas de mayor concentración, como la punta de los dedos, la zona de alrededor de la boca, sobre todo por encima del labio superior, o las regiones genitales.

De los receptores parten fibras nerviosas que tienen velocidades de conduc-



Si una parte del cuerpo se somete a un estímulo imprevisto de tipo térmico, como el de la llama que amenaza con quemar la mano, los receptores reaccionan de modo muy rápido, descubriendo el estímulo y enviándolo

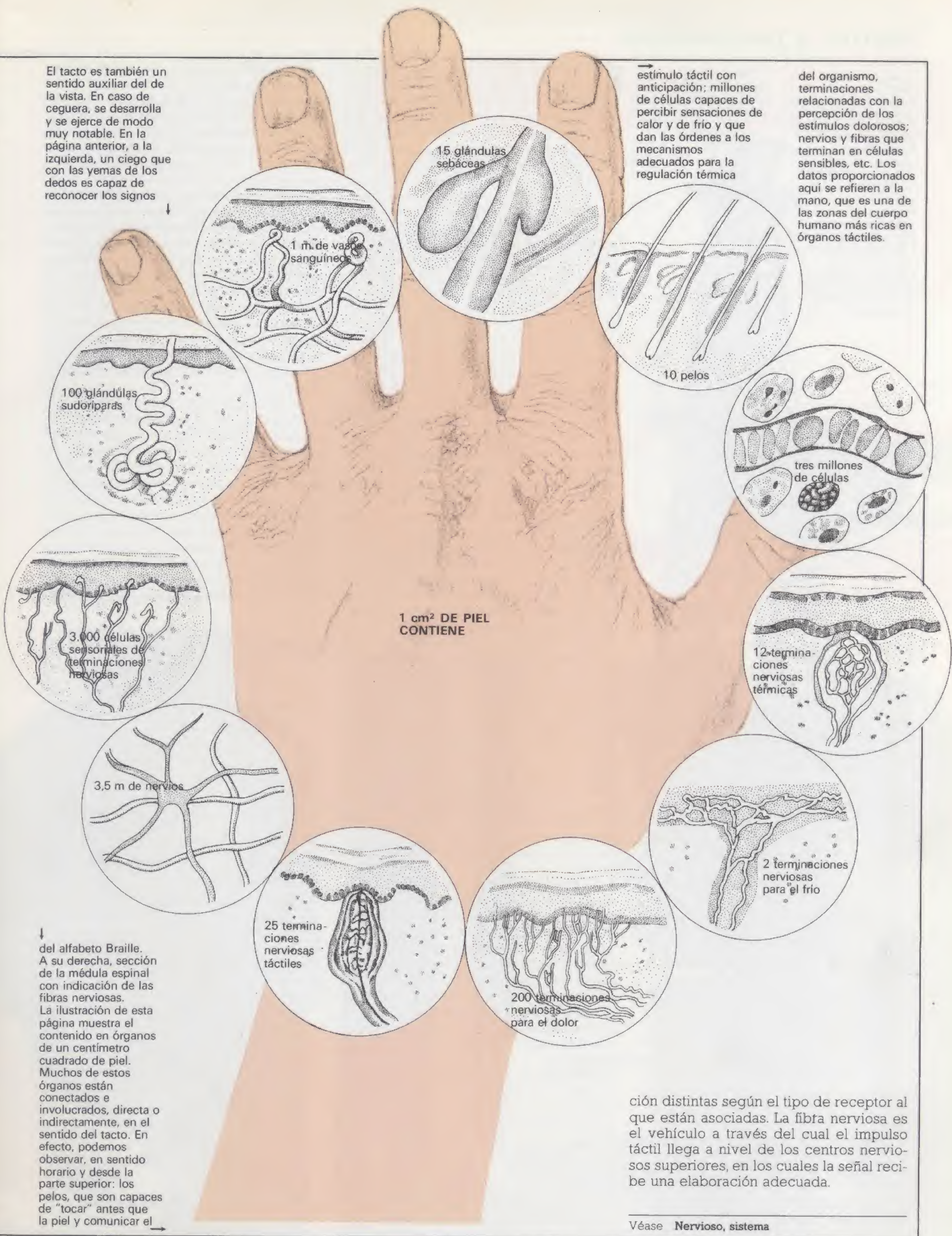
al cerebro en una fracción de segundo. El cerebro elabora el estímulo y decide inmediatamente qué músculos se deben contraer con el fin de alejar la parte del cuerpo expuesta al peligro del estímulo amenazante.



El tacto es también un sentido auxiliar del de la vista. En caso de ceguera, se desarrolla y se ejerce de modo muy notable. En la página anterior, a la izquierda, un ciego que con las yemas de los dedos es capaz de reconocer los signos

estímulo táctil con anticipación; millones de células capaces de percibir sensaciones de calor y de frío y que dan las órdenes a los mecanismos adecuados para la regulación térmica

del organismo, terminaciones relacionadas con la percepción de los estímulos dolorosos; nervios y fibras que terminan en células sensibles, etc. Los datos proporcionados aquí se refieren a la mano, que es una de las zonas del cuerpo humano más ricas en órganos táctiles.



↓ del alfabeto Braille. A su derecha, sección de la médula espinal con indicación de las fibras nerviosas. La ilustración de esta página muestra el contenido en órganos de un centímetro cuadrado de piel. Muchos de estos órganos están conectados e involucrados, directa o indirectamente, en el sentido del tacto. En efecto, podemos observar, en sentido horario y desde la parte superior: los pelos, que son capaces de "tocar" antes que la piel y comunicar el

ción distintas según el tipo de receptor al que están asociadas. La fibra nerviosa es el vehículo a través del cual el impulso táctil llega a nivel de los centros nerviosos superiores, en los cuales la señal recibe una elaboración adecuada.

Véase Nervioso, sistema



# Taladro y perforadora

Bajo estas líneas puede observarse el esquema de un pozo petrolífero sobre el cual está montada una torre de perforación. Puede taladrar terrenos blandos o duros hasta una profundidad de casi 10.000 metros, con un diámetro de perforación que puede ser de algunos decímetros en el fondo y de hasta más de un metro cerca de la superficie. Las puntas de las barrenas, que son las que efectúan la perforación

TORRE DE PERFORACION DE UN POZO PETROLIFERO



El hombre prehistórico solía practicar taladros en las conchas, en las agujas, con el fin de poderlas enhebrar, y presumiblemente también en las pieles que utilizaba para vestirse. Varios siglos después se han encontrado numerosos restos de estos útiles, la mayor parte de ellos constituidos por punzones. Es muy probable que en aquella época fueran empleados los mismos métodos de perforación que aún hoy practican algunas poblaciones primitivas, consistentes, fundamentalmente, en hacer girar un palo de madera puntiagudo sobre el lugar donde se quiere practicar el agujero. Debajo de la punta se pone un poco de arena, con objeto de aumentar la fricción. Haciendo girar el palo hacia adelante y hacia atrás, la arena horada la pieza que se quiere taladrar. Muchos objetos antiguos, como las joyas de jade mayas, las pipas de la paz de los indios de América septentrional y las esculturas de madera de los maorís presentan orificios. Es evidente que ya mucho antes de la era de la mecanización se conocían métodos para practicar taladros en la madera, en la piedra y en otros materiales.

**Los útiles más comunes para taladrar** Existe una gran variedad de útiles para perforar, cada uno adecuado para un determinado trabajo. El más sencillo quizá sea el punzón, que tiene forma de una barra rompehielo. Para taladrar con un punzón, basta presionarlo con la mano sobre el objeto que se desea perforar.

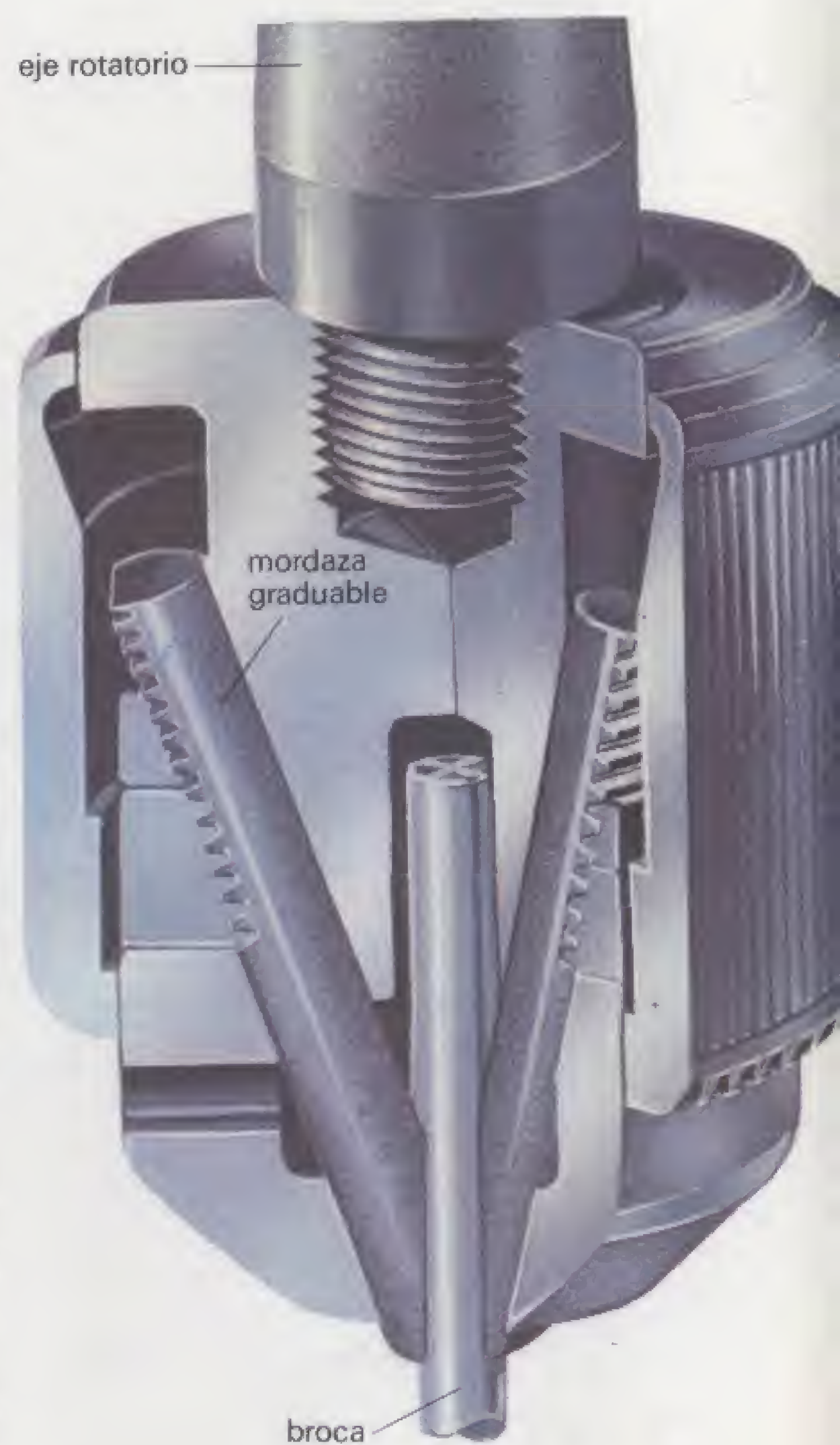
Otro tipo de útil para taladrar es la *barrena de carpintero*, que es parecida a un punzón con una zona roscada en la punta, que la hace avanzar en el taladro, una ranura helicoidal a todo su largo, que permite la salida de la viruta, y un mango de madera transversal mediante el cual se le imprime el movimiento de giro. De esta forma se puede empujar con fuerza la punta roscada sobre el material que se quiere taladrar. Hay útiles de taladrar extensibles, dotados de cuchillas afiladas montadas en el eje, y que pueden agrandar tanto como queramos el diámetro del orificio.

El *berbiquí* es una herramienta utilizada para sostener e impulsar la broca, o barrena, al realizar un taladro. Se usa para producir el movimiento de giro que permite a la broca cortar y penetrar en el material. El berbiquí es un simple vástago de manivela en el que un botón de cabeza y una empuñadura giran libremente. El extremo portabrocas consiste en una cubierta roscada en la que están introducidas las mordazas, que sujetan y fijan a presión las brocas.

Para practicar taladros en los metales o en otros materiales duros se utilizan brocas con punta cortante en forma de V y con unas ranuras en forma de espiral practicadas en su parte cilíndrica. Las brocas con punta de centraje tienen una punta central de guía, con la que se consigue un posicionamiento preciso del agujero. Se utilizan, generalmente, montándose en taladradoras con motor de alta velocidad.

**Perforación de pozos de agua o de petróleo** Ya desde el año 220 a. de C. los chinos perforaban pozos de hasta 100 metros de profundidad. Su método de perforación se basaba en la percusión, por lo que tenían que emplear útiles muy pesados: éstos, por lo general, consistían en una especie de grandes punzones cilíndricos que, mediante cables, eran elevados hasta una cierta altura, desde donde se dejaban caer seguidamente. El útil golpeaba el terreno o la roca en donde se quería practicar el agujero, agrietándolo y desmenuzándolo en trozos pequeños. La excavación del pozo se llevaba a cabo repitiendo innumerables veces la misma operación. La eliminación de los fragmentos de roca partidos por la herramienta se efectuaba vertiendo agua en el pozo y sacándolos mezclados con el barro mediante cubos.

Sin embargo, hoy en día la gran mayoría de pozos de agua y petróleo se perforan empleando el método de rotación. Una broca, fijada a un sistema de varillas de acero huecas, se hace penetrar en el terreno. Las varillas se encuentran firmemente unidas a un disco rotatorio en la superficie, que gira por acción de un motor. La rotación de este disco induce la del varillaje y la de la broca en profundidad. Los cabezales están constituidos por piezas cónicas de acero especialmente enriquecido que, al girar, horadan lentamente el



PORTABROCAS



terreno. Al mismo tiempo, a través de los tubos, es enviada una corriente de agua a presión. Este agua asciende a la superficie por el hueco central del varillaje, arrastrando consigo, fuera del pozo, el barro y los fragmentos de roca que se producen durante la perforación.

**Otros métodos de perforación** Existen otros métodos para taladrar. Se puede, por ejemplo, calentar un punzón hasta tal punto que pueda agujerear determinados materiales como el cuero y la madera. La llama de un soplete oxiacetilénico puede, a su vez, taladrar materiales como los metales y las rocas, fundiéndolos y vaporizándolos. La perforación mediante bolas se basa en las propiedades abrasivas de las esferas de acero endurecido al ser colocadas debajo de una broca no afilada: al girar la broca, se induce un fuerte rozamiento entre las esferas y la roca, provocando el desmoronamiento de esta última. Este tipo de perforación se suele utilizar en la minería.

Numerosos tipos de perforadoras y excavadoras especiales se utilizan para practicar diversos tipos de agujeros: para la instalación de los postes telefónicos y de los postes de sujeción de empalizadas, así como para la plantación de árboles y otras muchas aplicaciones.

Véase **Perforación petrolífera**

→ propiamente dicha, son de acero enriquecido y llevan unas cuchillas, de un metal muy duro, capaz de taladrar hasta la roca más tenaz. A la izquierda, un portabrocas utilizado en las taladradoras de los talleres mecánicos. Se adapta a los distintos diámetros de las brocas, que quedan firmemente sujetas mediante unas mordazas internas que evitan que éstas se deslicen cuando están efectuando el taladro. Bajo estas líneas se puede observar una broca helicoidal con punta cónica. Las ranuras y los cortes de los flancos sólo sirven para descargar la viruta producida durante la perforación.

A la derecha se muestran dos brocas especiales para trabajar metales: la de la izquierda corta acero, bronce, latón y diversas aleaciones ferrosas, y la de la derecha aluminio y sus aleaciones. Más a la derecha vemos una taladradora de taller; esta herramienta permite realizar taladros de gran precisión sobre cualquier pieza. Arriba se puede observar una perforadora para roca de cabezales múltiples; se suele emplear en excavaciones de minas o para abrir galerías. Con ella se practican los taladros donde, posteriormente, se introducen los barrenos explosivos.

punta cónica de una broca helicoidal



brocas para metales



PERFORADORA DE CABEZALES MÚLTIPLES PARA MINAS



TALADRADORA DE TALLER



# Talla en madera

**L**a gran cantidad de árboles que crecen en nuestro planeta ha abastecido, durante siglos, a artistas y artesanos de una continua provisión de madera destinada a ser modelada con la técnica del tallado y convertida en esculturas, muebles y numerosos objetos religiosos y domésticos.

**Primeros talladores de madera** Algunas tribus primitivas creían que los espíritus residían en el interior de los árboles y utilizaban herramientas como cinceles y cuchillos de hojas curvas (punzones de borde afiladísimo que hacían oscilar como un péndulo) para liberar a esos espíritus y a las presencias mágicas que imaginaban prisioneros de la madera. Los tótems y otros objetos de culto eran tallados mediante incisiones o cortes en bloques de madera de una sola pieza, cuya superficie había sido previamente preparada con retículos o simples motivos repetidos dibujados a mano.

La incisión mediante cincel, arrancando sucesivamente pequeños pedazos de madera, es la técnica más simple del tallado.

Los talladores medievales europeos copiaron los mejores sistemas de escultura en piedra para realizar sus tallas en madera. Iglesias, catedrales y palacios fueron decorados con una gran cantidad de sitiales, bancas y postigos. Utilizando cinceles planos y gubias redondas, tallaron la madera de encina en multiplicidad de formas que pretendían reflejar escenas diversas: la continua batalla entre el bien y el mal, la vida familiar y otros motivos ornamentales. Mediante estos utensilios se podían realizar diseños en alto y bajo relieve, así como esculturas tridimensionales.

El artesano utiliza un mazo romo de madera para golpear el mango del cincel o de la gubia. La presión ejercida sobre el instrumento de corte regula la profundidad de la incisión.

**Técnicas de tallado** En primer lugar, el tallador coloca el bloque de madera sobre una mesa de trabajo, sujetándolo a un torno o, simplemente, mediante unos gatos de presión. Luego pule y afila sus utensilios pasándolos por una piedra de afilar. A continuación, esboza el diseño final sobre la madera y señala con un color todas las secciones de la madera que deben ser eliminadas. Si se va a realizar un objeto tridimensional, el artesano deberá afinar el bloque de madera hasta obtener márgenes mucho más aproximados al diseño, utilizando para ello una sierra de espiga o de arco.

Para realizar diseños en relieve, el tallador sujeta con la mano izquierda el instrumento que produce la incisión, mientras que en la derecha sostiene un mazo con el que lo golpea, siguiendo el contorno del diseño sobre la madera. Para efectuar incisiones profundas el artesano recurre al uso de escalpelos o punzones muy afilados; para quitar material de las zonas pintadas utiliza gubias menos afiladas. Es aconsejable realizar el tallado en el sentido de las fibras de la madera. Es-



Una de las herramientas más comunes para el trabajo de la madera es la gubia. Existen varios tipos con puntas diferentes según el

corte que se quiera realizar (arriba). Según sea la posición del bisel de corte en la hoja, hay dos tipos principales de gubias: de corte interior y

de corte exterior. Pueden diferenciarse también, según sea la mayor o menor profundidad de la hoja. Son muy utilizadas las profundidades de 1/4,

de 2/4, de 3/4 y de 4/4, entendiéndose fracciones de un semicírculo. Para tornearse utilizan formones y gubias especiales.



A la izquierda y en las dos fotografías de la página siguiente, varios aspectos de un taller donde se realizan trabajos de talla en madera. A la izquierda, el artesano talla una figura en una tablilla de madera. La figura aparece casi terminada en la página siguiente. Debajo, un tallador de muebles. Los artesanos de la madera adquirieron gran importancia a comienzos del siglo xv. En efecto, aunque los tallistas eran considerados inferiores a los albañiles, en el aspecto social, ya que utilizaban gran parte de las técnicas y métodos de trabajo de éstos, pronto se hizo patente que la mayoría de los estilos decorativos, como era la tracería, podían ser realizados en madera de una forma magistral y personal que jamás podría ser igualada en la piedra. El tallado obtuvo una especial significación en la ejecución de obras y motivos de carácter religioso, logrando, a veces, imitar el arte de los talladores de piedra. Obras magistrales del tallado, son las sillerías, doseles, mamparas, etc.





den también tallarse los diseños en un tipo de madera y posteriormente encajarlos en la pieza sobre la que se está trabajando, lo que permite combinar distintas clases de madera.

En otras técnicas, como la incrustación, se encolan pedazos de madera pequeños y planos sobre una base para componer una especie de tablero con motivos decorativos.

Por lo general, los bloques de madera se sujetan de las puntas sobre la mesa de trabajo y se hacen rotar mecánicamente o mediante un torno eléctrico, mientras el artesano realiza las incisiones del diseño en la madera. Las columnas de las camas y las patas de las sillas se trabajan de este modo. Algunos pedazos de madera pueden también ser tallados, fuera del bloque entero, con sierras de cuchilla flexible, que efectúan incisiones ornamentales sobre éstos. Las sillas estilo Chippendale, Hepplewhite y Sheraton se fabrican así.

Véase Ebanistería; Madera, trabajos de la

cofinas, limas y cepillos son utensilios empleados para determinados trabajos que permiten obtener un mejor acabado. Una vez tallada, la pieza puede ser sometida al pulido o alisado con vidrio, raspadores metálicos o lijas.

Desde el siglo XVI, el gusto por las tallas de madera y por los muebles labrados ha inspirado el desarrollo de nuevos métodos y técnicas. Por ejemplo, se pueden tallar varios fragmentos de madera por separado y luego encolarlos para que den la impresión de un solo bloque. Pue-

La escultura lineal (arriba) representa una figura de culto de la zona del medio Sepik, Nueva Guinea. Frente a un trabajo como éste resulta difícil definir como "primitiva" la refinada invención artística de los neoguineanos del medio Sepik, ya que el sello de estilización se presenta muy bien logrado. Considerado por los aborígenes

como objeto capaz de hospedar espíritus mitológicos, esta figura tallada es consultada durante los ritos propiciatorios para la guerra y para la caza. A la derecha, una figura lineal redondeada, de carácter ritual, que representa la maternidad. Proviene también de Nueva Guinea.



Basilea. Museum für Völkerkunde



# Taller mecánico

**L**as operaciones de corte, taladrado, torneado, fresado, conformado y acepillado de piezas metálicas, son algunos de los trabajos específicos que se realizan en un taller mecánico. Debido a la potencia necesaria para llevar a cabo dichas operaciones mecánicas y a la complejidad de la herramienta empleada, un taller mecánico constituye uno de los lugares de trabajo más ruidosos.

Algunas de las herramientas utilizadas en esta clase de talleres son bastante comunes, mientras que otras, por el contrario, son extremadamente especializadas. Sin embargo, en casi todos los talleres mecánicos, sea cual sea su tamaño, pueden fabricarse herramientas especialmente diseñadas para realizar trabajos concretos, como herramientas cortantes cuyo filo está formado por carburos o polvos de diamante, o bien máquinas-herramienta semiautomáticas, que permiten trabajar en zonas muy poco accesibles de la pieza que se desea mecanizar.

**Máquinas-herramienta** Uno de los trabajos más característicos de un taller mecánico es el de corte, realizado mediante sierras circulares con dientes templados muy cortantes, o bien con sierras constituidas por cintas metálicas dentadas que se mueven verticalmente. En ambos casos, la sierra puede avanzar a la vez que

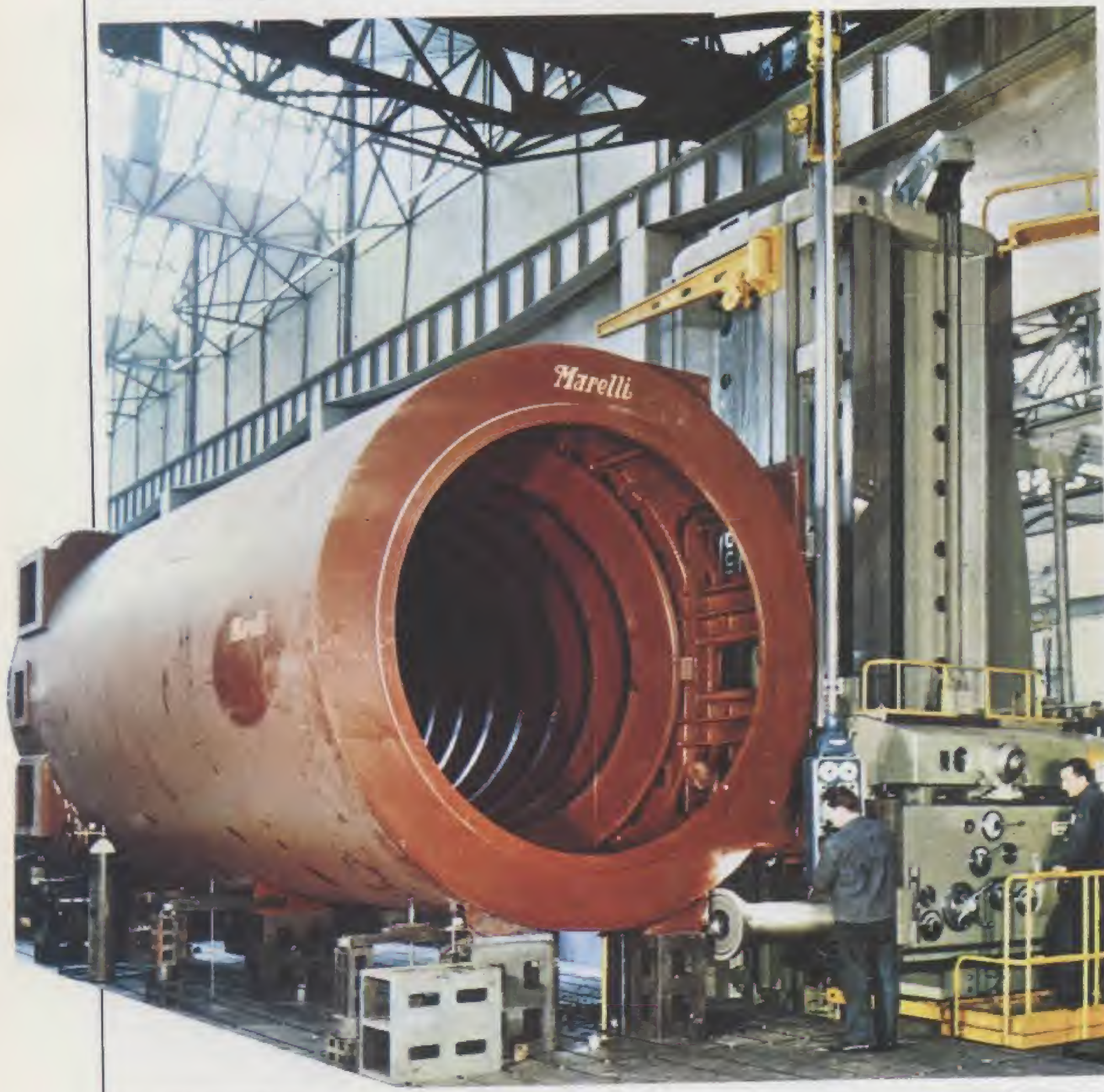


corta las grandes piezas metálicas, aunque, a veces, puede ser la pieza la que se desplace hacia la sierra. Otra herramienta utilizada frecuentemente para cortar es el soplete oxiacetilénico, que funde localmente el metal, produciendo un fino y profundo corte en la pieza que se está trabajando. Este sistema es muy utilizado, sobre todo, para cortar chapas de gran espesor.

Una vez realizado el corte, es necesario ejecutar numerosas operaciones posteriores antes de obtener la pieza acabada. La pieza en bruto puede ser fresada para conseguir una buena terminación superficial. También puede utilizarse la fresadora para el ahuecado de las piezas, aunque esta operación puede también realizarse en una escariadora horizontal, o en un torno paralelo o automático, dependiendo cada caso de las dimensiones y complejidad de la forma de la pieza.

Para realizar el cilindro de un motor se utiliza una gruesa escariadora vertical. Una rectificadora acaba el trabajo, puliendo la superficie interna del cilindro.

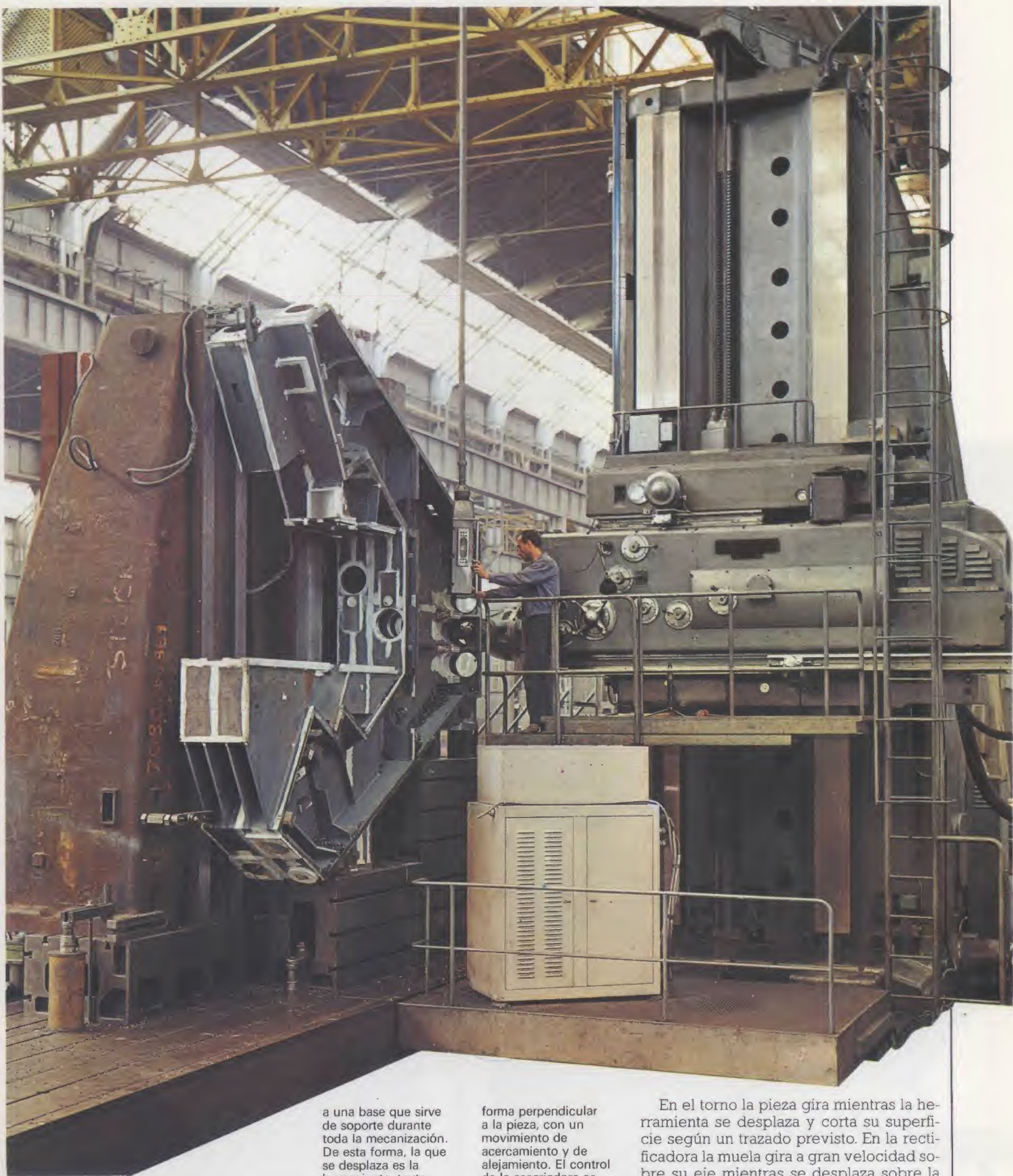
En la mayoría de estos casos, la pieza que se trabaja permanece inmóvil, mientras la herramienta se desplaza, pero existen otras muchas operaciones en las que es preferible que sea la pieza la que se desplace, o incluso la pieza y la herramienta como en el caso del rectificado.



Arriba, soplete oxiacetilénico, cuyo empleo es básico en un taller mecánico. Gracias a la reacción que se desarrolla entre oxígeno y acetileno, gases con los que es alimentado, su llama alcanza una temperatura de 3.000 °C, lo que permite realizar cortes exactos en las chapas de gran espesor. A la izquierda

se ve una acepilladora-fresadora de grandes dimensiones, que realiza trabajos de mecanización sobre la carcasa de chapa soldada de un turboalimentador. Arriba, una escariadora realiza el trabajo de acabado en la superficie interior de los cilindros del bloque de un motor.





Arriba, una escariadora para piezas de grandes dimensiones. En este caso, las piezas con las que se trabaja se fijan

a una base que sirve de soporte durante toda la mecanización. De esta forma, la que se desplaza es la herramienta, tanto horizontalmente, en un plano paralelo a la cara de la pieza que se mecaniza, como verticalmente, de

forma perpendicular a la pieza, con un movimiento de acercamiento y de alejamiento. El control de la escariadora es efectuado por una sola persona desde la plataforma de mando que está unida a la máquina.

En el torno la pieza gira mientras la herramienta se desplaza y corta su superficie según un trazado previsto. En la rectificadora la muela gira a gran velocidad sobre su eje mientras se desplaza sobre la superficie de la pieza.

**Herramientas** Las máquinas utilizadas en un taller mecánico se dividen en



dos grupos fundamentales: las que disponen de una herramienta de un solo corte y las que disponen de herramientas de múltiples cortes.

Entre las primeras se encuentra la acepilladora con una sola superficie cortante. El torno y la escariadora también permiten realizar trabajos con una herramienta de corte único, cuya forma depende de las diferentes exigencias.

Un ejemplo de herramienta de cortes múltiples es la sierra circular. Esta herramienta está constituida por un disco de acero que gira alrededor de su eje, y cuyo borde exterior está dentado. Este dentado, endurecido generalmente con tratamientos térmicos o químicos, está concebido para que permita la evacuación de la viruta del material producida durante el corte.

También la acepilladora puede disponer de herramientas de corte múltiple dotadas de largos dientes que cortan la pieza mientras ésta avanza rotando, produciendo grandes virutas.

**Rozamiento** El corte y el movimiento de avance de la herramienta son esenciales en todo tipo de trabajo mecánico, y se escoge la mejor combinación de los dos basándose en el tipo de operación que hay que llevar a cabo. En efecto, si no se seleccionan oportunamente la velocidad de corte y de avance, pueden producirse piezas defectuosas o se puede mellar la herramienta, o ambas cosas.

Debido al rozamiento que obviamente se produce entre herramienta y pieza, se genera una considerable cantidad de calor que puede llegar a quemar o deformar la superficie de corte. Para evitar este inconveniente, se dispersa el calor producido por el rozamiento mediante la inyección de un líquido que actúa como lubricante y refrigerante.

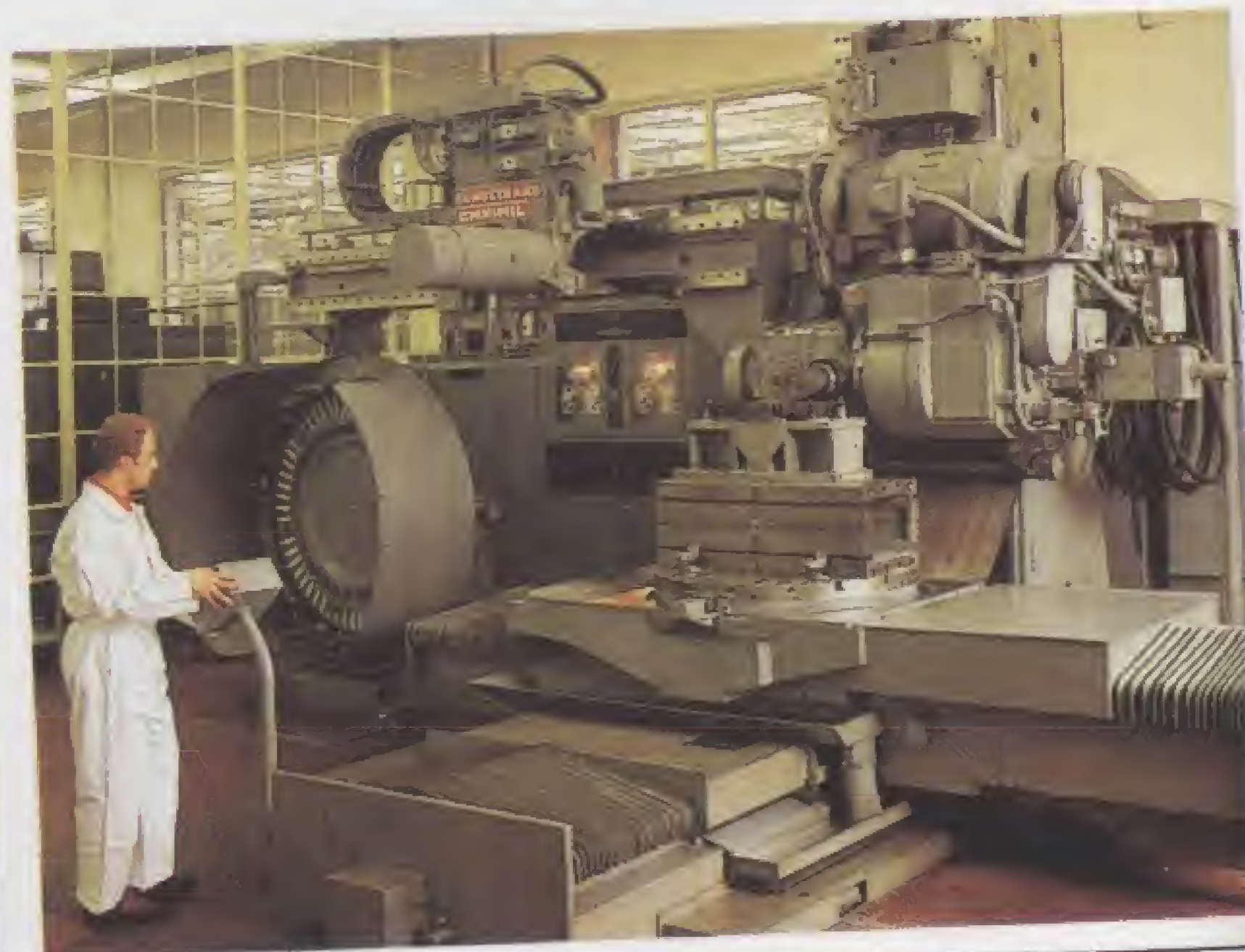
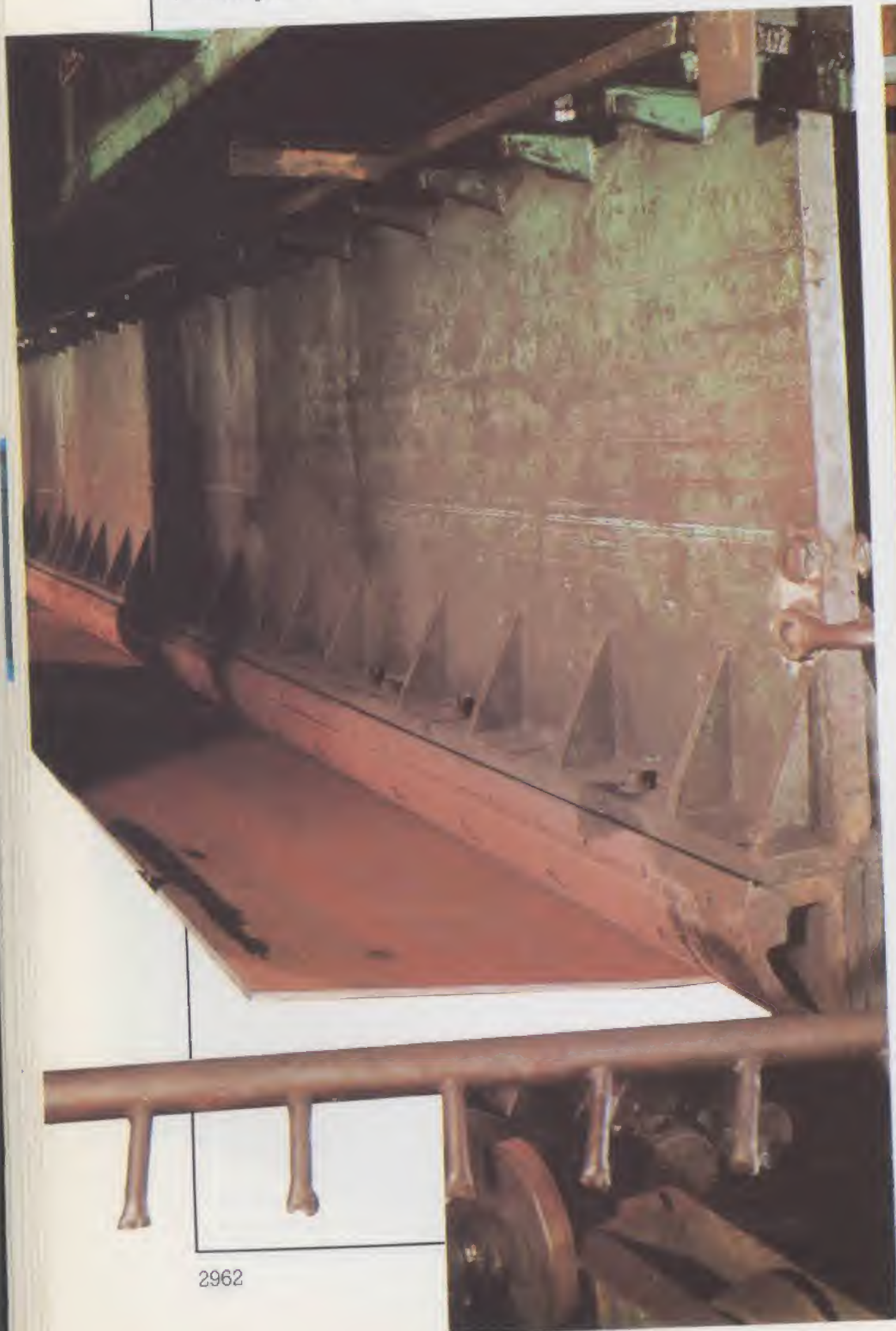
Las herramientas que trabajan a altas velocidades producen gran cantidad de calor, y deben ser enfriadas empleando, generalmente, una mezcla de agua y aceite, con la doble misión de enfriar y lubricar. Cuando se trabaja con una baja velo-

cidad de corte sólo se emplea un aceite lubricante de alta duración.

Los talleres mecánicos suelen especializarse en determinados tipos de trabajos, debido a la gran cantidad de máquinas y herramientas necesarias para llevar a cabo todas las distintas y posibles operaciones sobre metales. Por ejemplo, una taladradora de una sola bróca sólo se puede utilizar para medidas inferiores al diámetro del mandril disponible: generalmente no se consideran muy eficaces si el diámetro máximo de la broca supera los 25 milímetros. La ejecución de diámetros mayores suele necesitar la utilización de una fresa, herramienta de cortes múltiples dispuestos en su circunferencia exterior.

La gestión de un taller mecánico es muy distinta si pertenece a un gran complejo industrial, para el cual ejecuta determinadas mecanizaciones, o si es un taller que se dedica exclusivamente a trabajos por encargo.

En este último caso, la actividad está programada sobre una cartera de pedidos



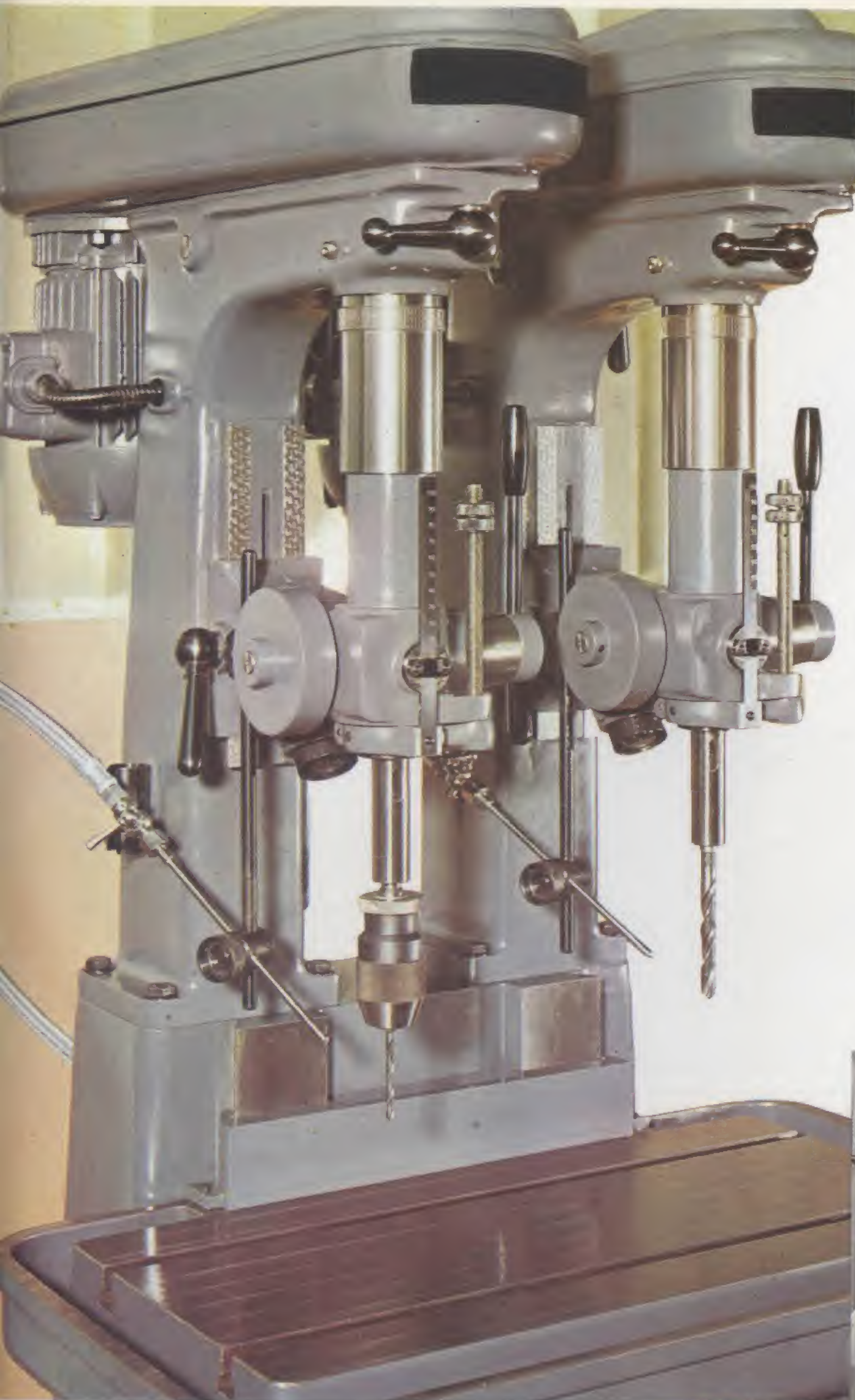


que cubre un período de tiempo de duración variable. De todas formas, resulta evidente que, dada la gran variedad de mecanizaciones a efectuar, cada día hay que enfrentarse a nuevos problemas. Experiencia y habilidad son, por lo tanto, de extrema importancia, ya que, a menudo, con las herramientas disponibles deberán improvisarse otras especiales para efectuar mecanizaciones que nunca se han llevado a cabo anteriormente y para las cuales no existe una herramienta específica.

Véase Fresadora; Herramientas y máquinas-herramienta; Rectificación y pulido; Sierra mecánica; Taladro y perforadora; Torno

→ helicoidales para la evacuación de la viruta del agujero (b). Abajo, una taladradora

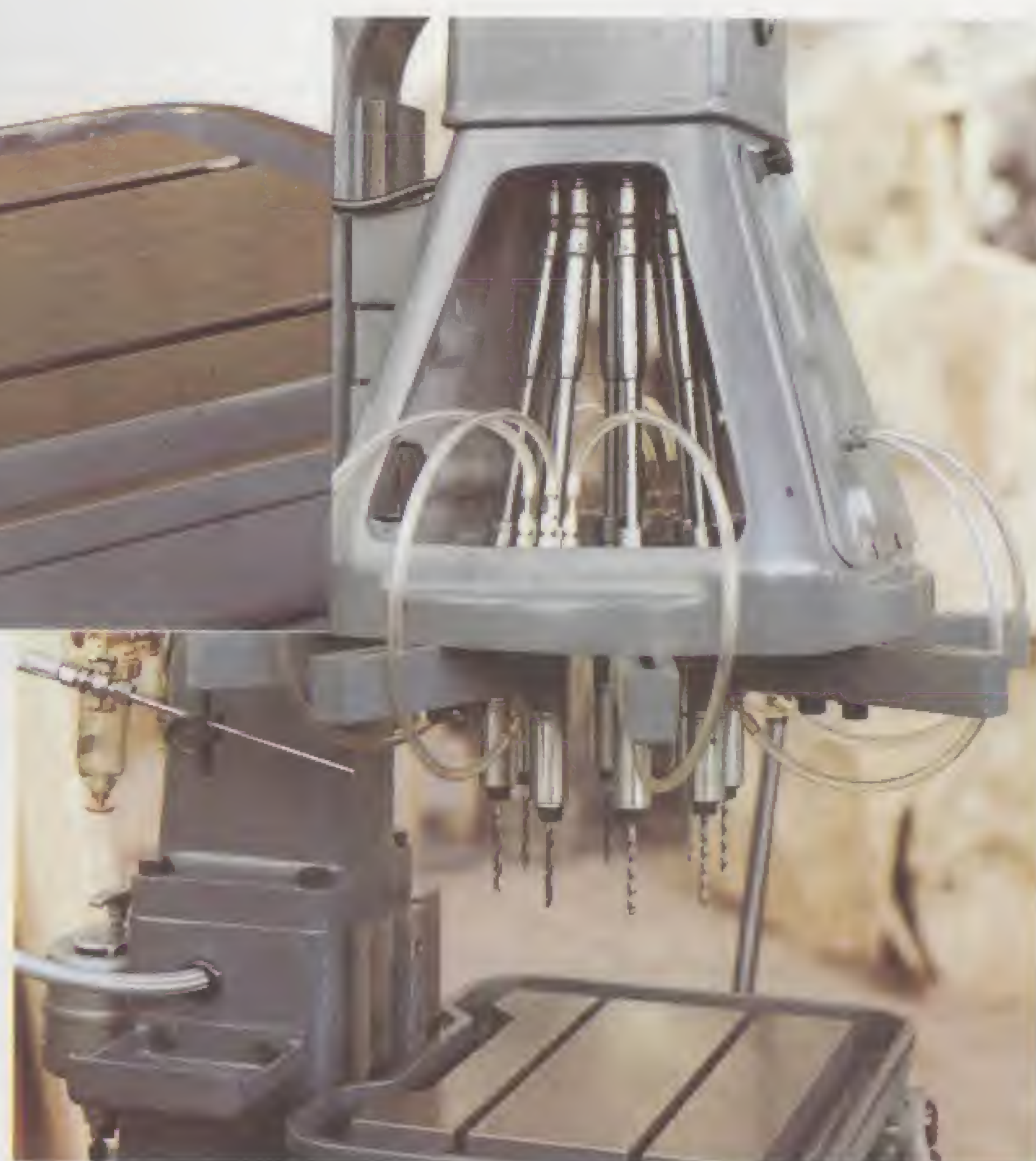
múltiple que permite efectuar varios taladros en una pieza al mismo tiempo.



En la página anterior, a la izquierda, una prensa en forma de U utilizada para la fabricación de tubos de hierro. En ella se lleva a cabo la primera parte del trabajo de preparación del tubo, doblando la chapa según una configuración en forma de U. En la segunda fase, las alas de la U son cerradas para formar el tubo. Arriba,

a la derecha, en la página anterior, una máquina de control numérico. Se trata de una brochadora para el dentado del cubo de las paletas de un turborreactor. Abajo, una máquina de control numérico para la mecanización de una caja de reducción de engranajes. Estas máquinas son controladas a través de una cinta perforada

que contiene el programa de mecanización. Sobre estas líneas, una taladradora de doble columna para la ejecución de dos taladros en la misma pieza. Arriba, a la derecha, la punta de una broca en la que se pueden observar los cortes (a), la flecha que indica el sentido de rotación (c) y los acanalados





# Tarjeta de Crédito

**E**xiste en el mundo occidental moderno una tendencia cada vez más acusada a no utilizar dinero efectivo en las transacciones de cierta importancia, sustituyéndolo por el llamado "dinero de plástico", o lo que es lo mismo, por las tarjetas de crédito. Este medio de pago permite la adquisición de bienes y servicios sin necesidad de desembolsar dinero efectivo en el acto, y con la posibilidad, en algunos casos, de diferir el pago mediante la obtención de un crédito automático por un plazo normalmente inferior a un año.

En general, y a pesar de que la persona que desea solicitar una tarjeta de crédito debe hacer constar en su petición ciertos datos personales, como renta o salario, cargas familiares o documentación sobre otros créditos, la tarjeta de crédito se basa en el principio de sustitución de la solvencia personal por la garantía de la entidad emisora.

**Tipos de tarjetas de crédito** Las tarjetas de crédito más importantes suelen estar emitidas por entidades bancarias, y entre ellas se cuentan, además de las de crédito propiamente dichas (Visa, Master Changer y Eurocard), las que operan por medio de cheques garantizados (4B, 6000) y las que permiten disponer de dinero efectivo a cualquier hora del día o de la noche en los cajeros automáticos. Las tarjetas no bancarias son normalmente tarjetas de compra, distribuidas por los propios comercios o grandes almacenes, y tarjetas de esparcimiento emitidas por organizaciones comerciales a escala internacional, como Diners Club o American Express. Físicamente, las tarjetas de crédito consisten en una lámina de plástico que mide 9 x 5,2 cm y sobre la cual se encuentran impresos y en relieve el nombre del titular y el número de su cuenta. Las tarjetas disponen además de una banda magnética, cuya configuración puede ser reconocida por un dispositivo llamado lector, que suministra la identificación definitiva del titular. La utilización de la tarjeta en una transacción es muy sencilla. Una vez realizada la compra, el comprador presenta la tarjeta al vendedor, que recoge en una factura o nota de compra los datos contenidos en la tarjeta y el importe de lo comprado. En la actualidad, este tipo de operaciones se suele realizar mediante ordenadores, que transfieren los datos a la oficina central de la entidad comercial. Al final del mes comercial, la cuenta es enviada al titular de la tarjeta de crédito. Los pagos de las tarjetas de crédito comerciales suelen estar domiciliados en la entidad bancaria donde posea cuenta el titular, pudiendo así efectuarse el pago automáticamente al recibir la comunicación.

**Historia de la tarjeta de crédito** Las tarjetas de crédito fueron introducidas en Estados Unidos, en el año 1920, por ciertas compañías petrolíferas y cadenas hoteleras con el fin de que fueran utilizadas por sus clientes en las diferentes sedes de

la misma compañía. Grandes almacenes, líneas aéreas y otras sociedades comerciales orientadas hacia el consumidor emitieron pronto sus propias tarjetas de crédito.

La utilización de las tarjetas aumentó rápidamente hacia la mitad de los años cincuenta, coincidiendo con el desarrollo de los ordenadores, que permitieron agilizar la transferencia de fondos. A partir de los años sesenta y setenta, la tarjeta de crédito comenzó a extenderse cada vez más como sistema habitual de pago.

En el año 1950, el Diners Club exploró nuevas posibilidades emitiendo una tarjeta de crédito que pudiera ser aceptada en varias instituciones de todo el mundo. Las instituciones asociadas a esta tarjeta universal cargan a los titulares de las tarjetas una cuota anual por el derecho a utilizarlas, solicitando a las sociedades que emplean su sistema el pago de una cuota por el servicio, comprendida entre el 4 y el 7% del total de la cuenta.

**Inconvenientes de las tarjetas** El principal inconveniente de la utilización de las tarjetas de crédito es su efecto inflacionista, ya que las entidades emisoras suelen percibir entre el 3 y el 10% del importe de la operación en concepto de retribución al servicio prestado, cantidad que recae sobre el usuario en forma de una elevación de los precios de compra y que el comerciante suele hacer extensiva al conjunto de compradores, tengan o no tarjeta. Otro inconveniente es la facilidad con la que una tarjeta robada o perdida puede ser utilizada por una persona no autorizada. Si la oficina central de la sociedad que emite la tarjeta de crédito no recibe rápidamente la notificación del robo o pérdida por parte del titular de la tarjeta, no puede tomar las debidas precauciones para evitar que ésta pueda ser utilizada

por cualquier otra persona. En muchos casos, el titular puede ser considerado responsable de las compras efectuadas con la tarjeta de crédito durante el período que media entre la pérdida y su denuncia. En otros casos, muchas personas rehúsan utilizar este sistema de crédito por la cantidad de información privada que deben facilitar a la oficina de valoración del crédito antes de que ésta decida concederlo o no. Dichas personas están convencidas de que la utilización de las tarjetas de crédito entraña una injustificada invasión en su vida privada. Otros temen que, al no utilizar dinero efectivo en las transacciones y al no conocer de forma inmediata el total del dinero gastado, puedan gastarse en algunos casos más de lo disponible.

**Tarjetas de deuda** El problema de gastar más del propio crédito podrá ser solucionado en un futuro próximo con la introducción de las tarjetas de deuda. Aunque sea materialmente parecida a una tarjeta de crédito, la tarjeta de deuda opera según un principio diferente. La tarjeta de crédito permite a una persona adquirir bienes y servicios hasta un límite determinado anteriormente, y luego pagar las cantidades gastadas en fecha posterior. Con una tarjeta de deuda, en cambio, puede efectuarse el pago en el lugar de la compra.

Cualquier persona podrá disponer de una cuenta, muy parecida a una cuenta bancaria, y cada vez que haga una compra con la tarjeta de deuda, el importe le será descontado electrónicamente de esta cuenta, de forma que el titular de la tarjeta no pueda nunca sobrepasar la cantidad que haya ingresado previamente.



Véase Cajero automático; Lector óptico (OCR)





punto de venta



tarjeta de crédito



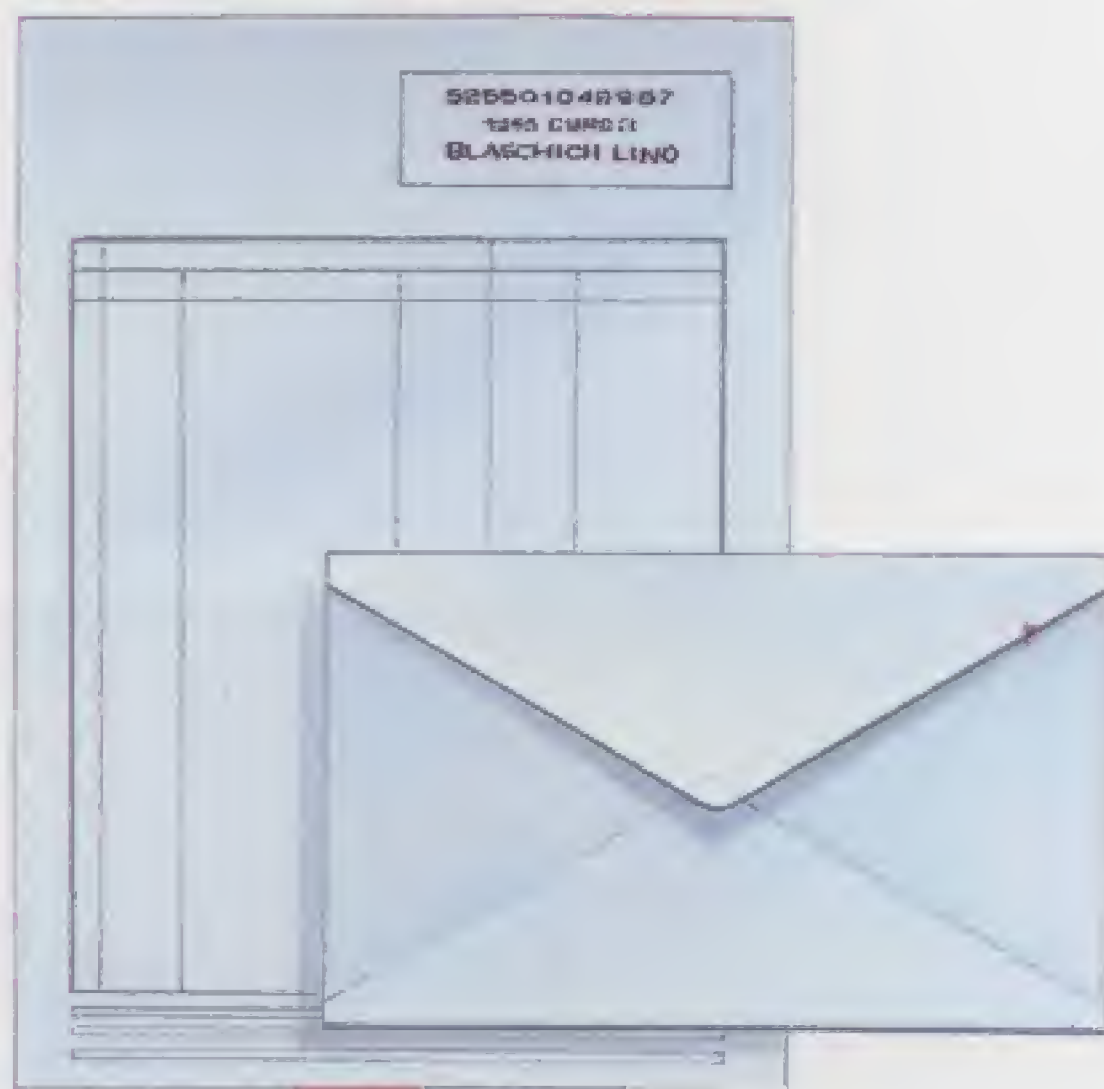
impresora

La memoria bancaria del deudor deposita en la cuenta corriente del banco del acreedor, es decir, del vendedor, el valor de la factura. Una vía alternativa más eficaz es la que efectúa el movimiento de dinero de forma completamente electrónica. Con un registrador de caja que sirve también como terminal para el banco, por medio de una línea telefónica (con el adaptador de línea MODEM), se establece la comunicación directa entre la tienda y los bancos del deudor y del acreedor. De esta forma, con la tarjeta de crédito, nos convertimos en abonados del servicio de crédito bancario por pequeñas cantidades.

Las fases en que se realiza el movimiento de dinero en una cuenta son las siguientes: el titular de la tarjeta la utiliza en un punto de venta para saldar con su crédito la deuda contraída en la compra. El banco en el cual tiene domiciliada su tarjeta de crédito se ocupará de pagar la deuda. El se convierte entonces en deudor del banco. En determinados casos el abonado dispone en su banco de un depósito más que suficiente para cubrir los gastos efectuados; en otros casos, sin

embargo, no está cubierto, y el banco le envía a su domicilio una cuenta mensual de las deudas pagadas, que deberá saldar. Hoy en día, el movimiento del dinero y del crédito a través de la tarjeta sigue aproximadamente el proceso indicado en el esquema. En el lugar de venta se efectúa una compra que es "pagada" con la tarjeta de crédito. Por medio de una pequeña máquina se imprimen los datos que contiene la tarjeta sobre un documento equivalente a la factura.

documento-factura



banco del vendedor



registrador de caja



banco del cliente

línea telefónica



MODEM





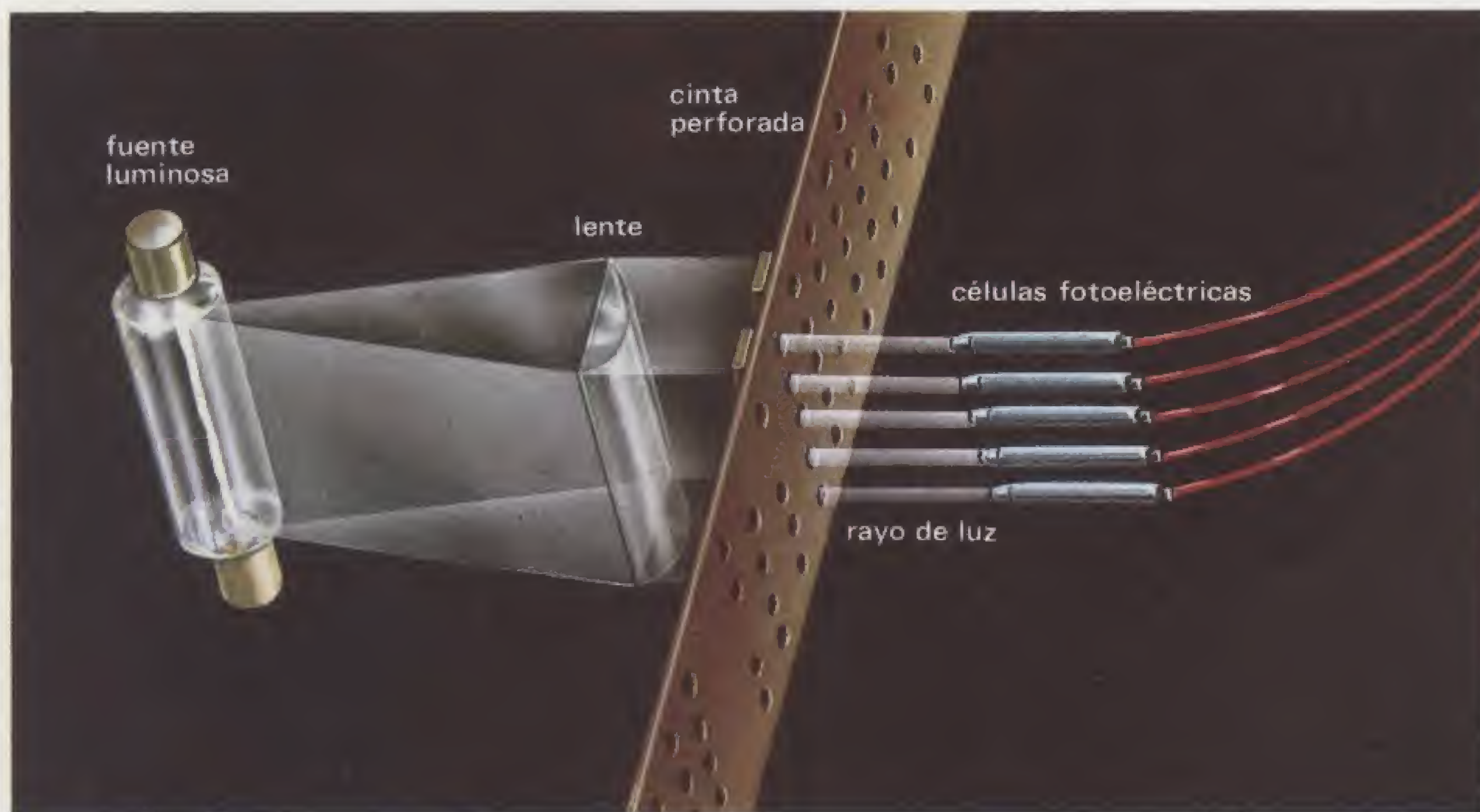
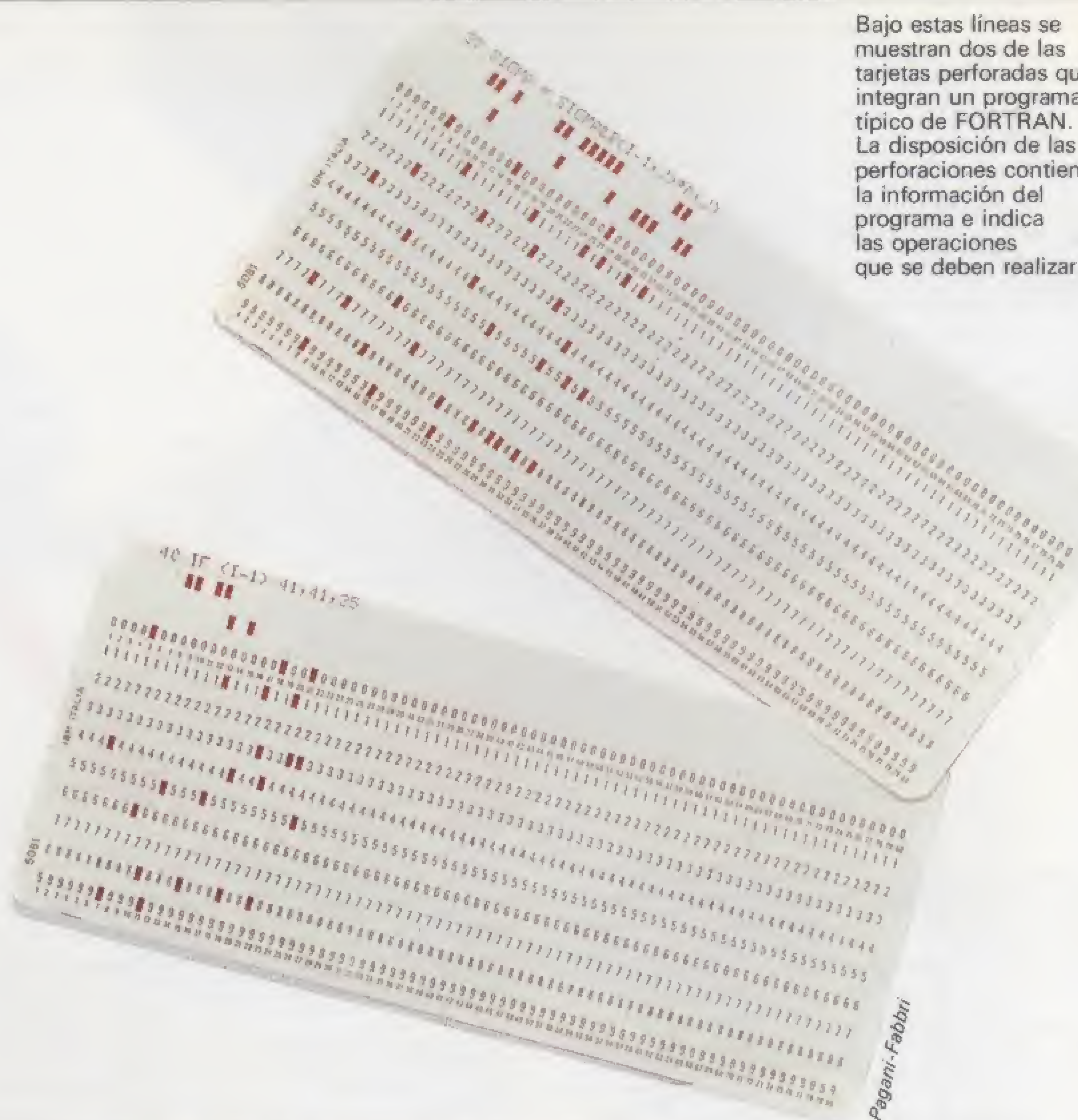
# Tarjeta perforada

Una pequeña cartulina del tamaño aproximado de un libro de bolsillo constituye uno de los artificios más comunes del mundo moderno. Cuando esas tarjetas son perforadas, siguiendo códigos preestablecidos, pueden contener el estado de cuentas bancarias, datos relativos a los resultados electorales, a los impuestos, los cálculos y características de un programa de ingeniería y muchos otros tipos de información. Estas tarjetas perforadas son económicas, versátiles y resistentes.

**Jacquard, Babbage y Hollerith** El inventor francés Jacquard utilizó, propiamente, tarjetas metálicas perforadas para indicar en los telares la ejecución de determinadas operaciones de tejido. La tarjeta estaba subdividida en cuadrículas, que representaban el esquema que debían de seguir los hilos; cuando coincidía un agujero en un espacio del reticulado, el telar tejía el hilo correspondiente. En los años cuarenta del siglo XIX, Babbage, inventor del primer modelo de calculadora mecánica digital, adaptó las tarjetas perforadas a su calculadora para la realización de operaciones matemáticas.

Herman Hollerith, que trabajó para la Comisión del Censo de Estados Unidos, utilizó este tipo de tarjetas para acelerar la tabulación de los datos obtenidos en el censo. Para ello dividió cada ficha o tarjeta en una serie de columnas situadas verticalmente desde arriba hacia abajo. Cada

Bajo estas líneas se muestran dos de las tarjetas perforadas que integran un programa típico de FORTRAN. La disposición de las perforaciones contiene la información del programa e indica las operaciones que se deben realizar.



Mediante una cinta perforada se introducen en el ordenador los datos del programa; el operador transcribe los datos por medio de una perforadora, que activa los punzones que se encargan de taladrar la cinta de cartulina. La cinta sale de la perforadora y es introducida en el órgano lector de la calculadora, donde se desliza ante un cabezal de lectura constituido por una lámpara y varias células fotoeléctricas, situadas simétricamente respecto a la pista de la cinta. Cada vez que se interpone un taladro entre la lámpara y la célula fotoeléctrica (izquierda), ésta emite una señal eléctrica que es interpretada como una cifra o un símbolo. Cuando el ordenador debe transmitir datos o resultados sobre la cinta, envía las señales eléctricas correspondientes a la perforadora, que se encarga de interpretarlas y transcribir las automáticamente, mediante todas las perforaciones precisas.

columna correspondía a un dato: la primera indicaba la edad del censado; la segunda el sexo; la tercera, la procedencia y así sucesivamente. En cada columna había una escala del 0 al 9. Si la tarjeta era perforada en el 0 de la segunda columna, se trataba de un varón, y si era perforada en el 1, de una mujer. Una perforación en el 3 de la tercera columna designaba a un estadounidense de origen alemán; si era perforada en el 4, de origen inglés y así sucesivamente.

La gran ventaja de las tarjetas perforadas, utilizadas con tales fines en 1890, y

cada vez más a partir de 1900, radicaba en el hecho de que, en primer lugar, dichos datos podían ser catalogados mucho más rápidamente que con cualquier otro sistema utilizado hasta entonces y, en segundo lugar, dichas fichas podían ser agrupadas según sus datos de perforación. Hollerith las utilizó casi en la misma forma que se utilizan actualmente.

**Los elementos del sistema de perforación** El primer elemento que interviene en la realización de un programa mediante fichas es la *perforadora*, una máquina

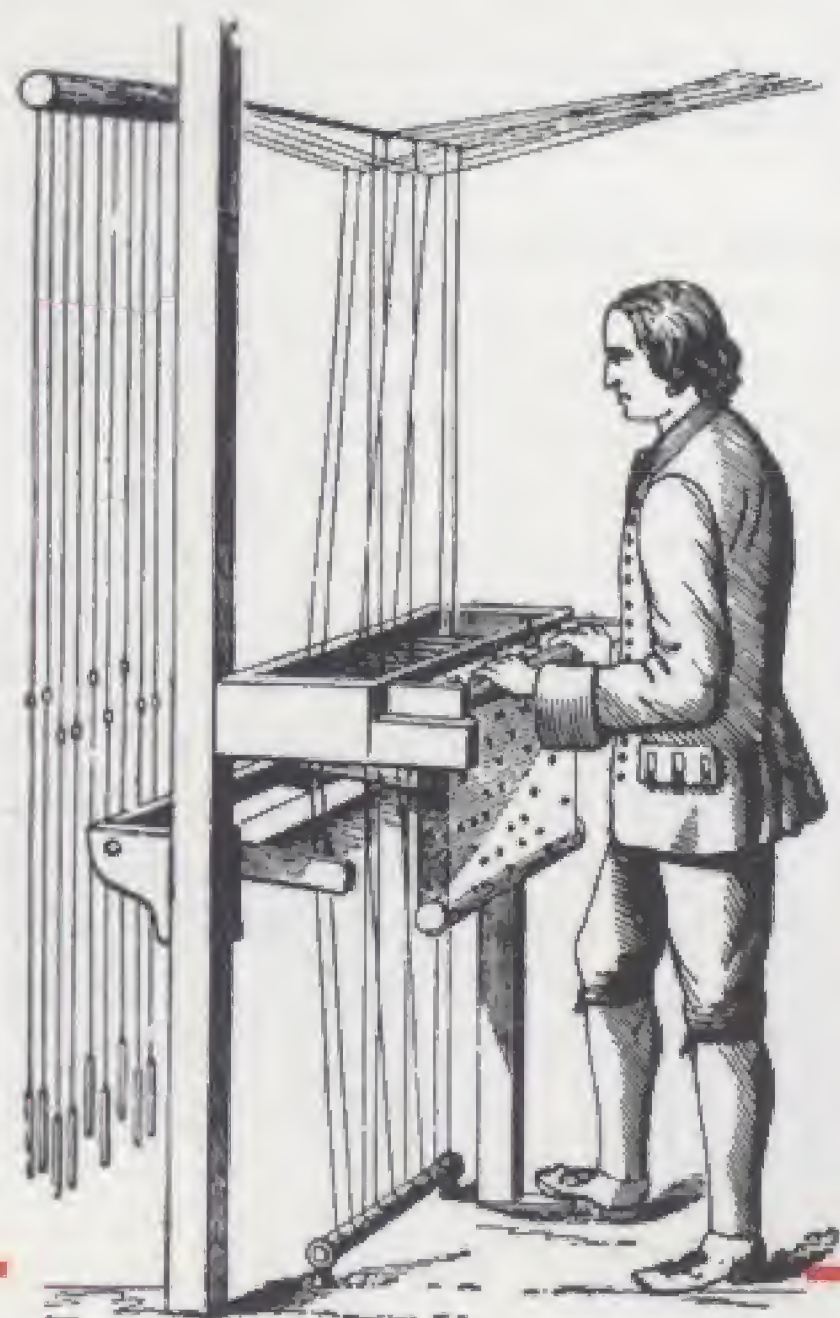
accionada por el hombre que realiza las perforaciones en estas últimas. El operador lee los datos obtenidos en la hoja del censo. Para cada pregunta el operador taladra la columna correspondiente en el lugar adecuado. Después de que cada columna ha sido perforada, la ficha es emitida por la máquina, que posee un teclado parecido al de una máquina de escribir, y el operador reinicia el proceso con una nueva tarjeta.

Ya que la exactitud de los datos en la ficha depende de los perforistas, la gran ventaja del sistema consiste en que los



## EL TELAR - ROBOT

Se trata de un telar para tejer bordados de seda sobre tela inventado por el francés Basil Bouchen, en 1725. Es un ejemplo de diálogo entre hombre y máquina a través de una serie de mensajes en lenguaje codificado; dichos mensajes eran transmitidos al telar mediante un rollo de papel perforado en el que se habían registrado las instrucciones que regulaban el movimiento de las agujas. La alineación de los agujeros se corresponde con el dibujo a tejer: presionando el programa de papel perforado contra la hilera de agujas, las agujas correspondientes a los taladros permanecían en su sitio, mientras que las otras avanzaban.



posibles errores están limitados a cada tarjeta y no afectan al conjunto restante.

Antes de ser utilizadas, las fichas deben ser agrupadas y catalogadas.

Normalmente, las fichas son situadas sobre una superficie magnética y barridas por pequeños cabezales que contactan con la superficie por debajo de los agujeros; en otros casos, un rayo luminoso atraviesa los taladros y es detectado por células fotoeléctricas. Las informaciones obtenidas de este modo son transformadas en señales eléctricas y almacenadas en un

sistema de ordenadores. Exceptuando la operación inicial del perforado, el proceso se realiza a gran velocidad y de forma automática, gracias a los modernos equipos diseñados para ello.

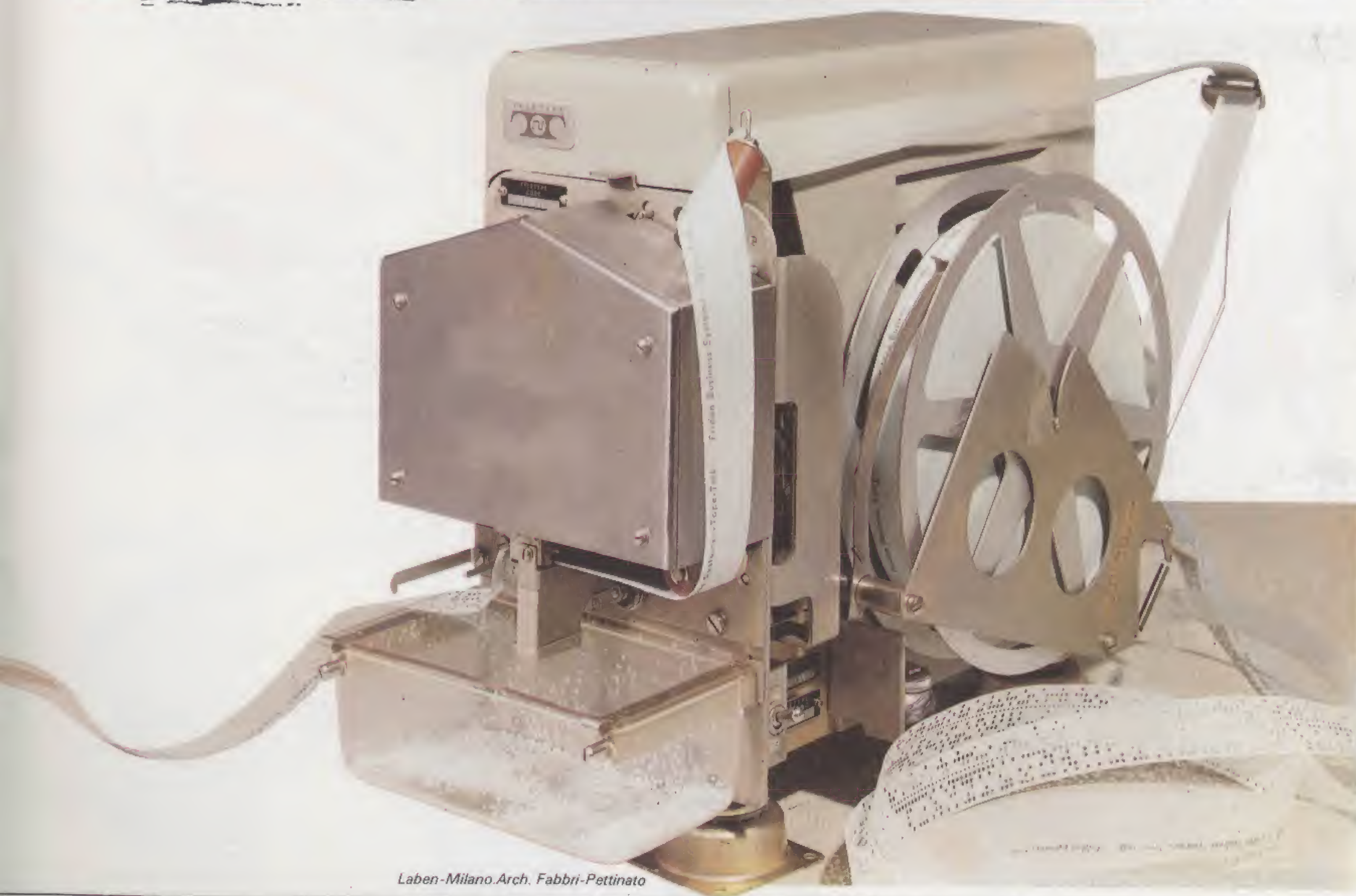
Por su costo relativamente bajo y por su versatilidad, las tarjetas perforadas ocupan actualmente un importante lugar en la elaboración de datos.

Véase Datos, elaboración; Lector óptico; Ordenador; Telar de Jacquard



A la izquierda, una máquina perforadora de tarjetas; su finalidad consiste en transcribir a una ficha, mediante perforaciones, los datos y proposiciones de un programa. Abajo, una perforadora capaz de transcribir a una cinta 1.200 líneas de escritura por minuto, lo que constituye una velocidad bastante elevada.

Olivetti-Ivrea Arch.iva Fabbri-Bighini



Laben-Milano.Arch. Fabbri-Pettinato



# Taxidermia

**L**a taxidermia es una actividad que se ha beneficiado paulatinamente de la mejora cualitativa de los materiales que se requieren para su práctica. El arte y la ciencia se combinan para crear modelos de animales de cualquier tipo (desde insectos a gorilas), lo más realistas y precisos posible desde el punto de vista anatómico, para que se puedan exponer en los museos o utilizar para la investigación científica o con fines didácticos.

La técnica taxidérmica consiste en vaciar la mayor parte de la masa muscular y ósea, mediante un corte que se da en la piel del animal, y en el posterior relleno de esa misma piel con distintos materiales que sustituyen las partes vaciadas y reproducen sus formas.

La taxidermia se presta, sobre todo, a la preparación de mamíferos y aves, y, con mayor dificultad, a la de reptiles, anfibios y peces (que generalmente se conservan en alcohol), siempre que se trate de grandes serpientes, cocodrilos o peces de grandes dimensiones, para los cuales el procedimiento es el mismo que se emplea para aves y mamíferos, aun cuando requiere mayor atención porque la piel, al carecer de pelos o plumas, deja al descubierto las pequeñas imperfecciones que pueda presentar el animal.

El procedimiento taxidérmico más simple se limita a la llamada preparación "en piel", es decir, la piel se rellena y se cose, sin armazones metálicos que sostengan las distintas partes del animal. Los preparados en piel se conservan en cajas o cajones y son apropiados para las coleccio-

nes de estudio; ocupan poco espacio y son los preferidos en los museos para aquellos ejemplares que no están destinados a su exposición en las vitrinas de las salas abiertas al público.

Los orígenes de la taxidermia hay que buscarlos probablemente en la preparación de los trofeos de caza, una tradición que se ha conservado hasta nuestros días. El ejemplar más antiguo es un rinoceronte que se encuentra en el Museo Zoológico de Florencia. Las dos sociedades más importantes del siglo XIX, la Maison Verraux de París y la Ward's Natural Science Establishment (Fundación para la Tutela de las Ciencias Naturales) de Rochester (Nueva York, EE UU), homologaron las técnicas de la taxidermia y la transformaron en un oficio artesanal, laborioso y especializado, justamente en la época en que nacía el interés del público por la historia natural.

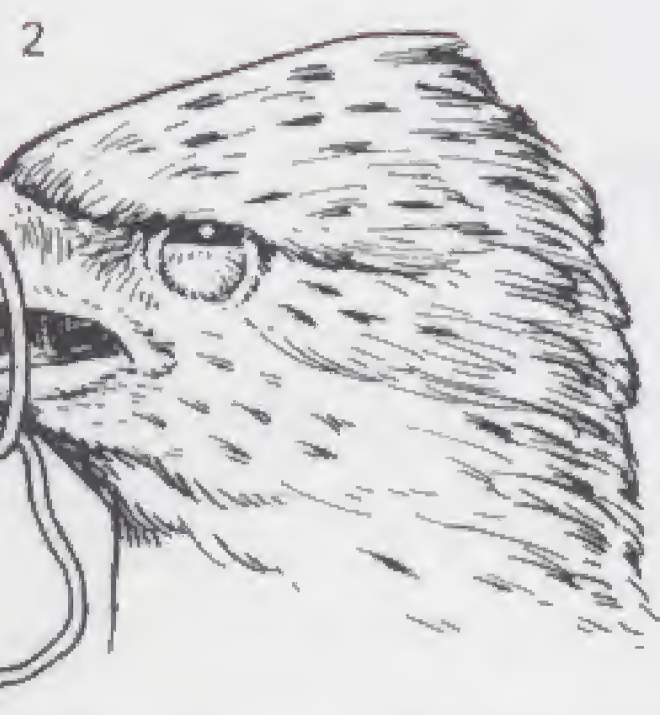
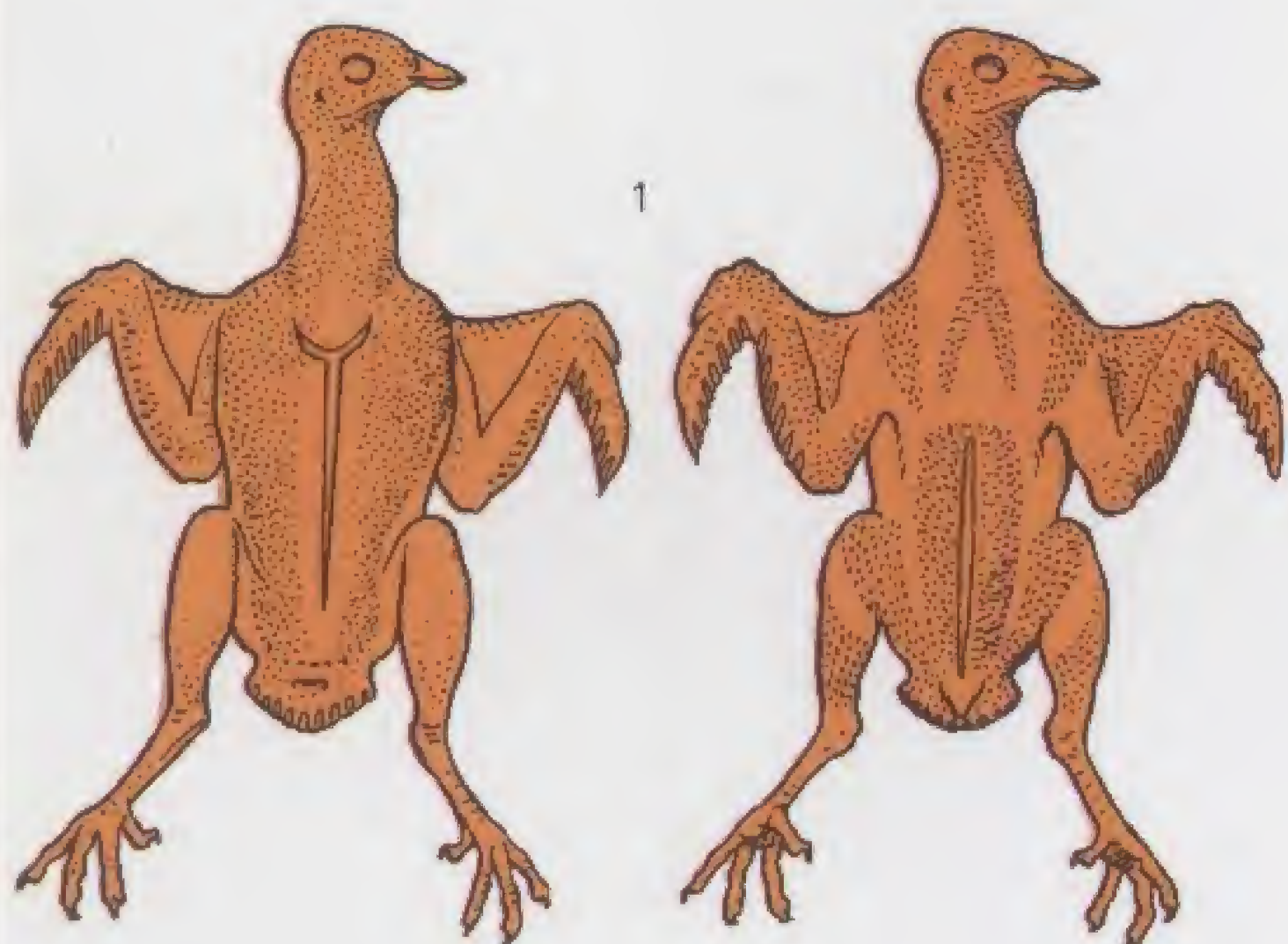
**Construcción de modelos** Las técnicas utilizadas en la taxidermia dependen generalmente del animal elegido. Los mamíferos son los que requieren, por lo general, un mayor trabajo estructural. En el caso de osos, ciervos y otros animales cuya piel tiene mucho pelo, ésta se separa y se curte con gran cuidado para impedir que se deteriore. El esqueleto del animal se aprovecha para construir un armazón, es decir, un modelo con las mismas dimensiones que el animal original. El taxidermista aplica plastilina sobre el esqueleto y la modela dándole la forma de los músculos, depósitos adiposos y

otras estructuras anatómicas. Una vez finalizada esta fase, el modelo de plastilina se cubre con una fina capa de fibra de vidrio, que, una vez seca, se convierte en un molde perfecto con la forma del cuerpo del animal y constituye la estructura fundamental del modelo. Este se rellena de poliuretano expandido, un material plástico muy ligero y resistente (el plástico ha sustituido casi totalmente a las virutas de embalaje, la estopa e incluso a otros materiales que se empleaban antiguamente para embalsamar).

Una vez que la piel ha recibido un tratamiento antipolilla adecuado, se recubre con ella el maniquí y se pega con una sustancia adhesiva diluida con agua.

**Reptiles y peces** En el caso de reptiles y peces, con los métodos actuales, no se conserva ninguna parte original del animal. Este se recubre con silicona, una sustancia fluida muy viscosa que se puede verter directamente sobre el animal o extender con un pincel; también se puede añadir un catalizador que acelere el proceso de secado de la silicona. El molde de silicona se rellena después de fibra de vidrio, obteniéndose así una copia exacta del animal. Como en este procedimiento no se utiliza ninguna parte de la piel, el modelo de fibra de vidrio se pinta, finalmente, con colores lo más parecidos posible a los naturales.

Véase **Animal**



La técnica utilizada en el caso de las aves es similar a la empleada con otros animales y consta de tres fases: desollado y limpieza, construcción del modelo y montaje definitivo del ejemplar. Al animal, colocado boca arriba (1), se le ata el pico (2) para evitar posibles pérdidas de sangre. Con una cuchilla afilada se realiza

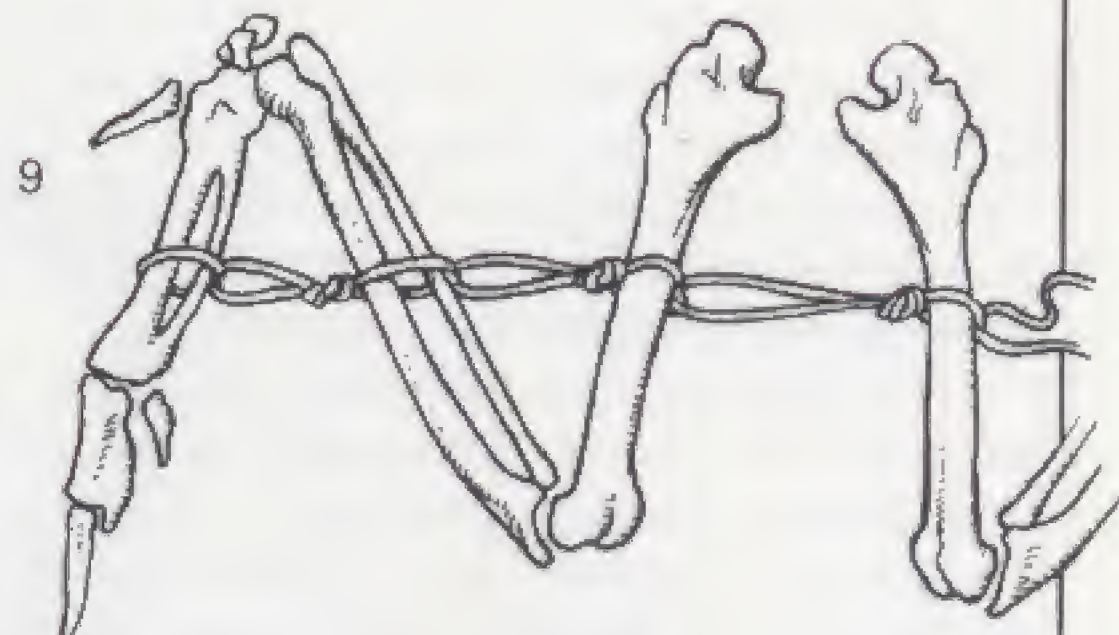
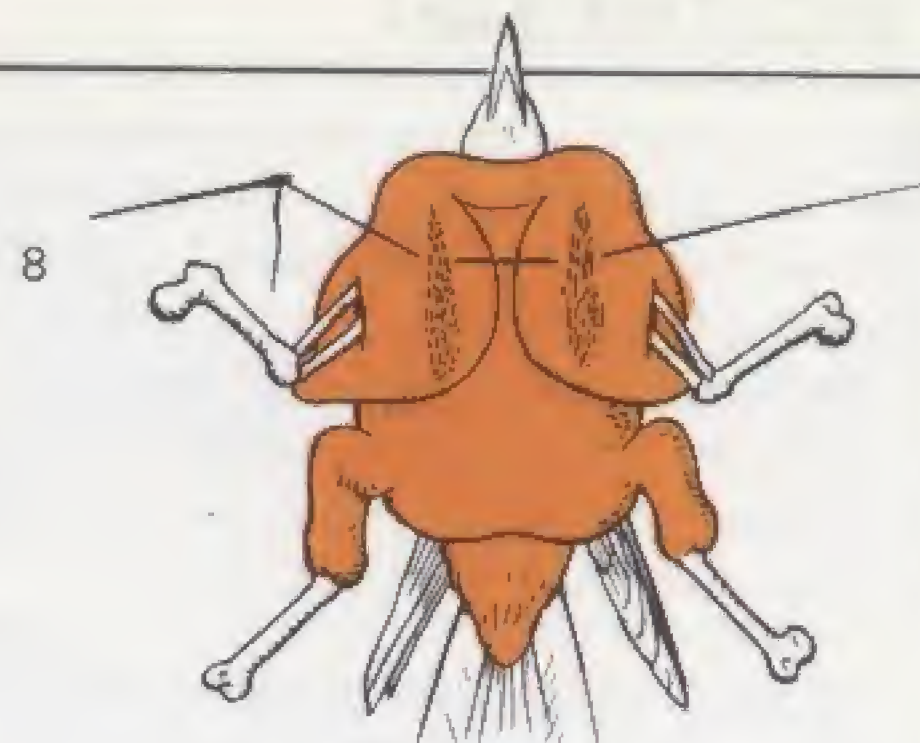


una incisión en la piel a la altura del esternón y se cortan las articulaciones húmero-tibiales (3); una vez separada la piel de los tejidos, se cortan las últimas vértebras de la cola (4) y las articulaciones húmero-escapulares (5). Una vez separada la piel del cuello (6), se despelleja cuidadosamente el cráneo y se saca el cerebro y los globos oculares. Las cuencas se rellenan con bolitas de barro y el cráneo

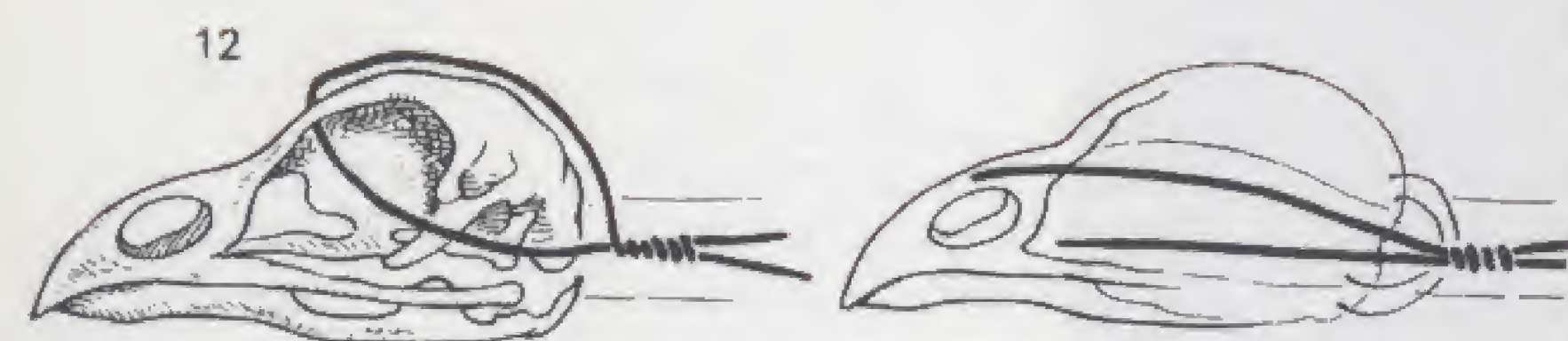
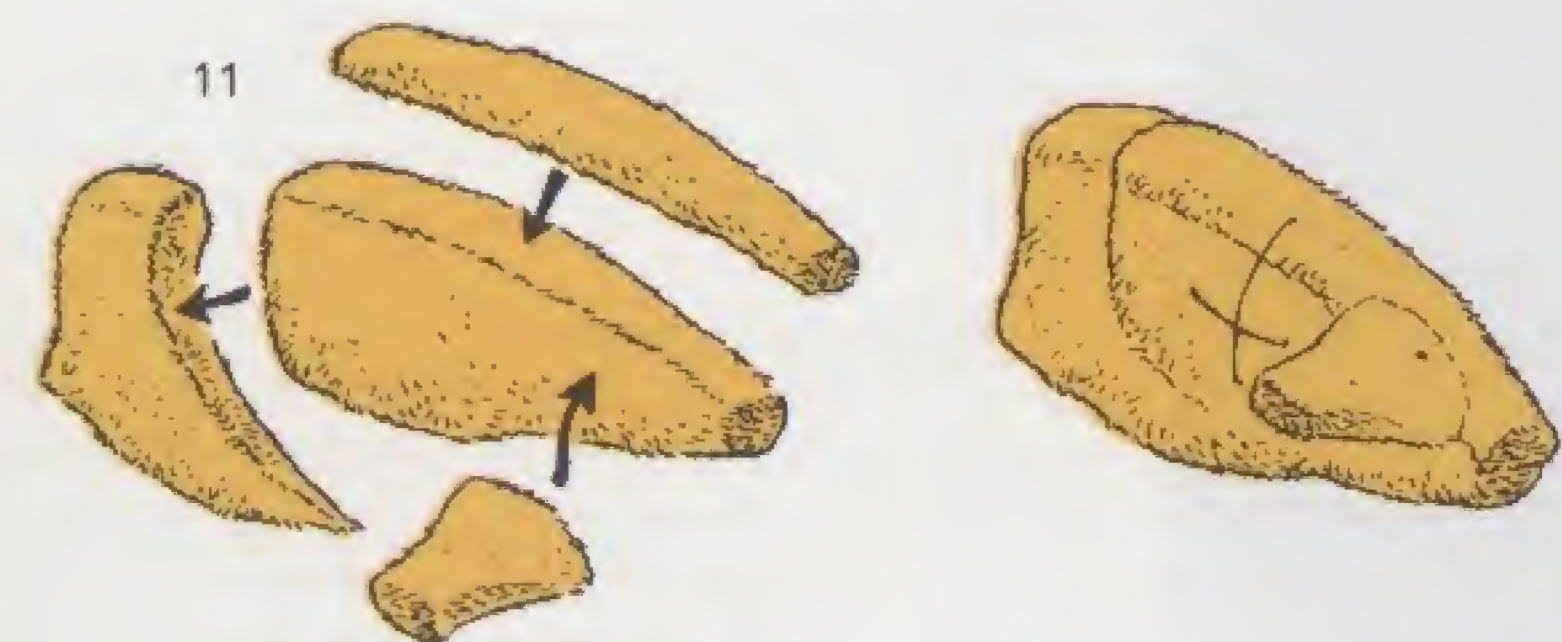
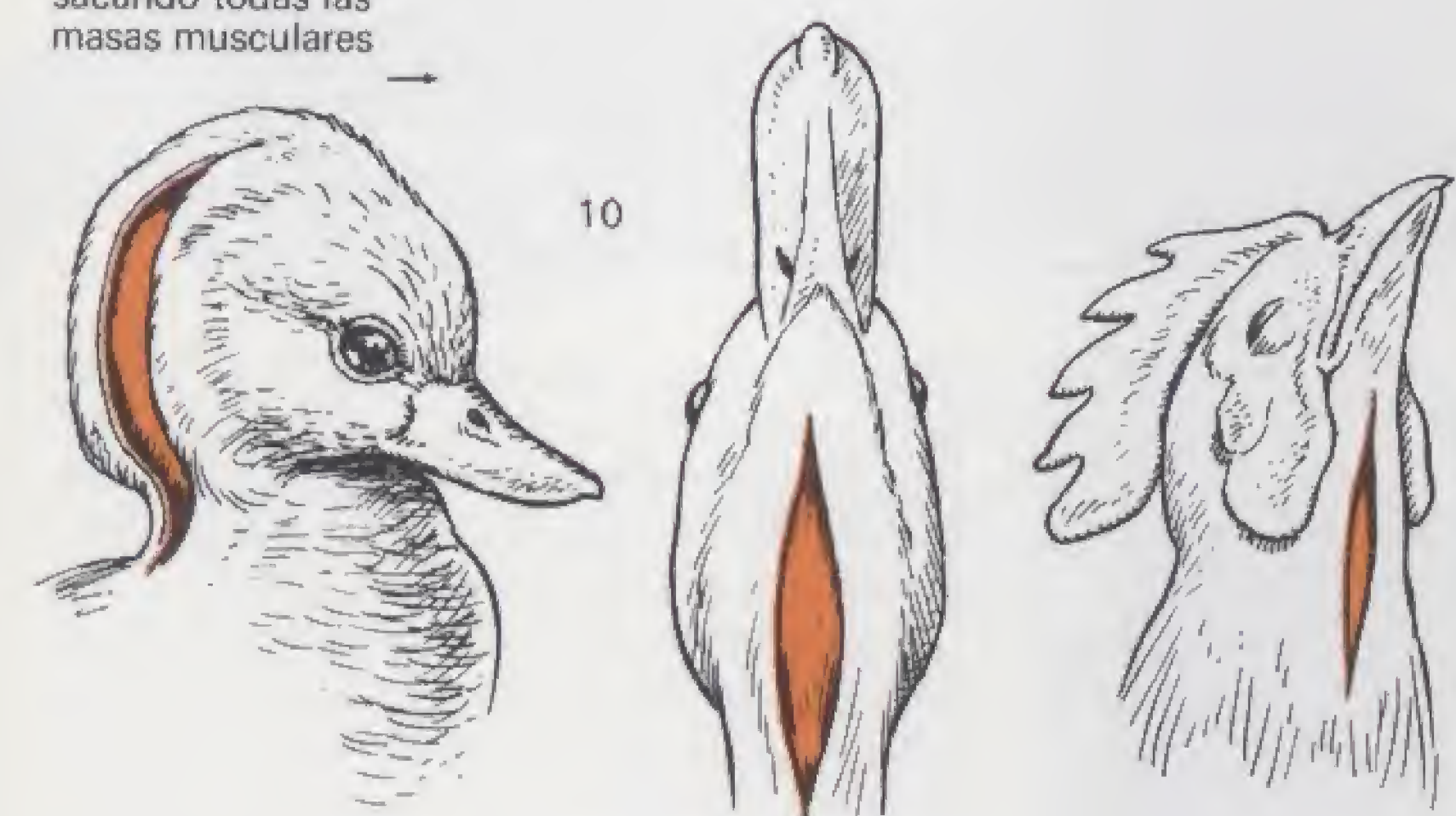




→ con algodón, tras lo cual se enfunda de nuevo la piel en su posición original. Después se despellejan las alas, sacando todas las masas musculares

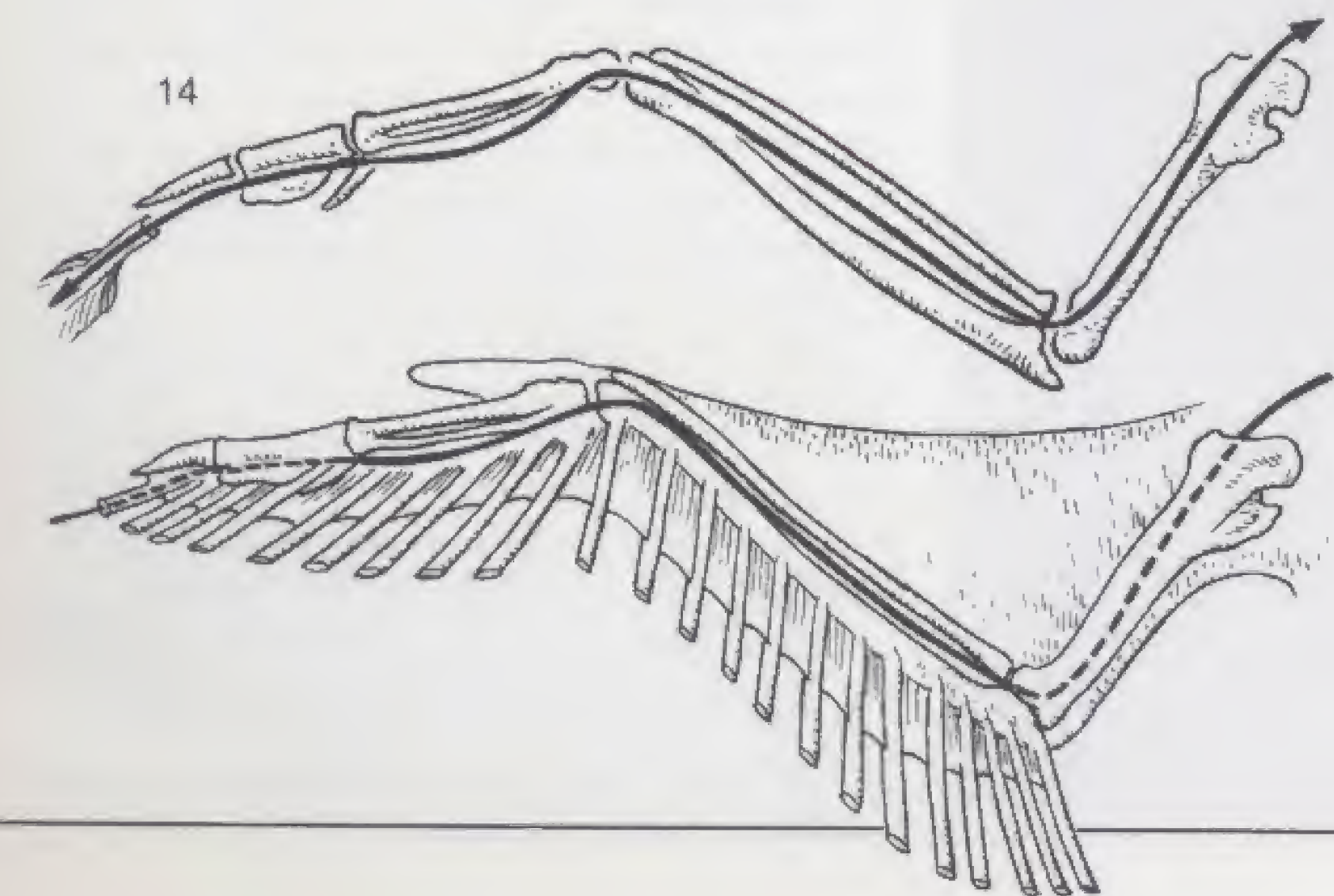
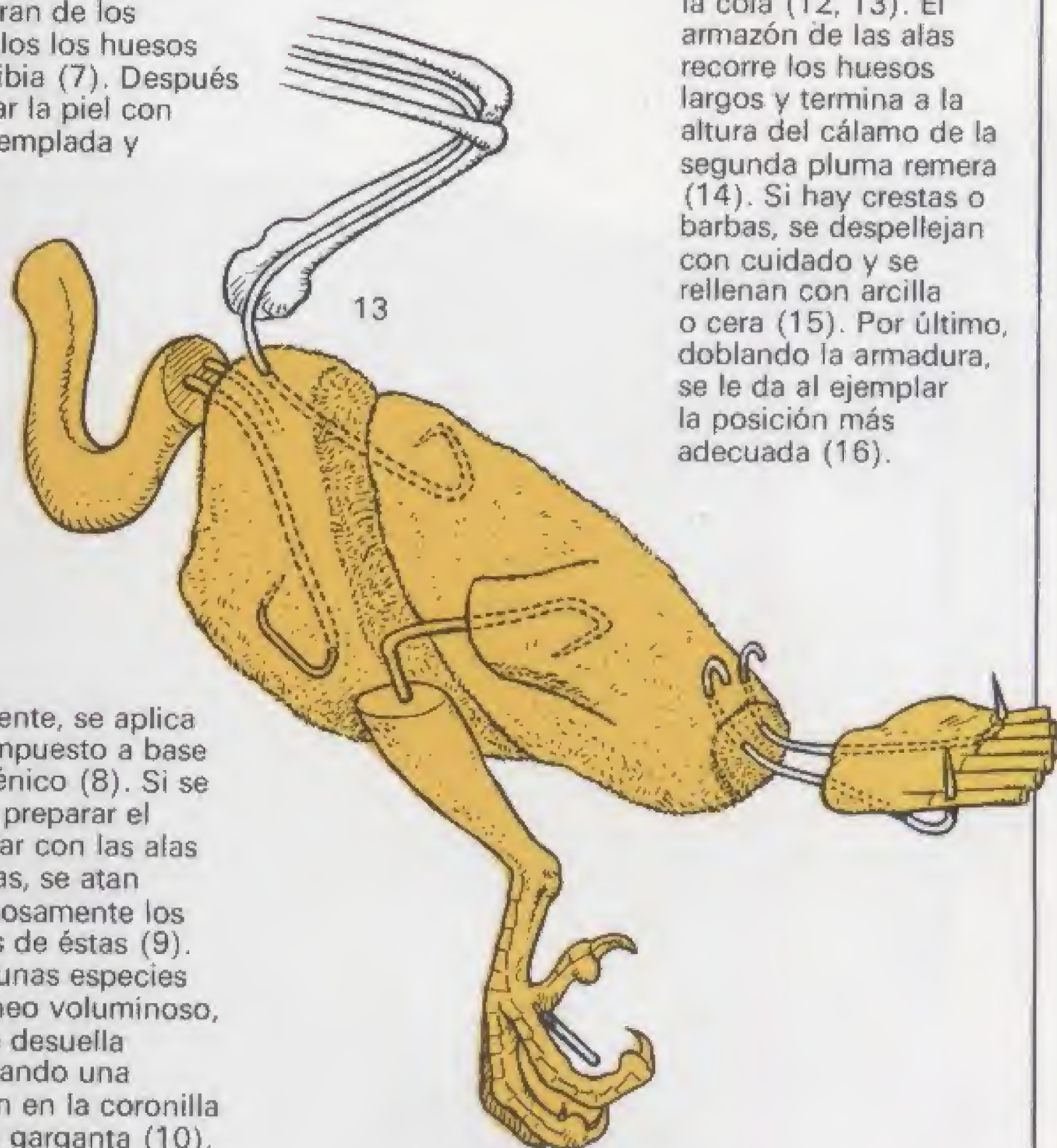


→ sin que por ello se despeguen las terminaciones proximales de las plumas remeras del borde del hueso ulnar. Del mismo modo se liberan de los músculos los huesos de la tibia (7). Después de lavar la piel con agua templada y



↓ detergente, se aplica un compuesto a base de arsénico (8). Si se quiere preparar el ejemplar con las alas cerradas, se atan cuidadosamente los huesos de éstas (9). En algunas especies de cráneo voluminoso, éste se desuella practicando una incisión en la coronilla o en la garganta (10). Luego se construye el modelo utilizando paja muy prensada (11) y, mediante armazones, se sujetan el cráneo,

→ las alas, las patas y la cola (12, 13). El armazón de las alas recorre los huesos largos y termina a la altura del cálamo de la segunda pluma remera (14). Si hay crestas o barbas, se despellejan con cuidado y se rellenan con arcilla o cera (15). Por último, doblando la armadura, se le da al ejemplar la posición más adecuada (16).





# Taxímetro

**E**l taxímetro es un mecanismo que va instalado en los coches de alquiler y que sirve para contabilizar automáticamente la distancia recorrida y la cantidad a devengar. Esta depende, además del kilometraje, de las tarifas vigentes, del tiempo transcurrido y de la hora y zona en que ha sido utilizado el vehículo.

**Forma y función** Generalmente, el taxímetro se instala sobre el salpicadero, al lado del conductor y a la vista del cliente. Es activado por el taxista cuando sube el pasajero y detenido al terminar la carrera. El mecanismo se pone en marcha al bajar una pequeña bandera metálica que forma parte del aparato o al pulsar un botón, según sea el modelo del taxímetro.

El contador está provisto de cifras decimales del cero al nueve que están impresas sobre ruedas giratorias o pequeños tambores movidos por ruedas dentadas. Algunos taxis utilizan un visualizador electrónico digital parecido al de las calculadoras. Independientemente del tipo de taxímetro que se utilice, el resultado es el

Los modernos taxímetros funcionan mediante un sistema electrónico. Un microprocesador sobre una placa de silicio efectúa todas las operaciones necesarias para el cálculo de las tarifas y de los suplementos. Los nuevos sistemas

electrónicos tienen la posibilidad de alimentarse con la batería del automóvil o por sí mismos, durante unas setenta y dos horas, cuando aquella se descarga. Esta alimentación alternativa está asegurada por unas pilas de níquel-cadmio,

que a su vez son recargadas por la batería del automóvil. Contiene un reloj de cuarzo que calcula el tiempo de parada. Es posible preparar el aparato para valorar el coste de la carrera según cuatro tarifas distintas (festiva, nocturna, extraurbana

e interurbana). En el caso de cambio de tarifa es suficiente con rectificar la memoria incorporada en el instrumento visible desde el exterior. Esto asegura la imposibilidad de cambios no autorizados y la falsificación de tarifas.



mismo, ya que siempre aparece el precio de la carrera calculado según un mismo criterio; éste viene determinado por las autoridades, y depende del tiempo empleado y de la distancia recorrida.

El taxímetro está conectado con el sistema que acciona el cuentakilómetros del vehículo, que sirve para medir y registrar de forma mecánica los kilómetros recorridos por éste último. Por lo tanto, la tarifa a pagar que aparece en el taxímetro es proporcional a la distancia recorrida, siendo luego incrementada de acuerdo con el tiempo transcurrido y los suplementos.

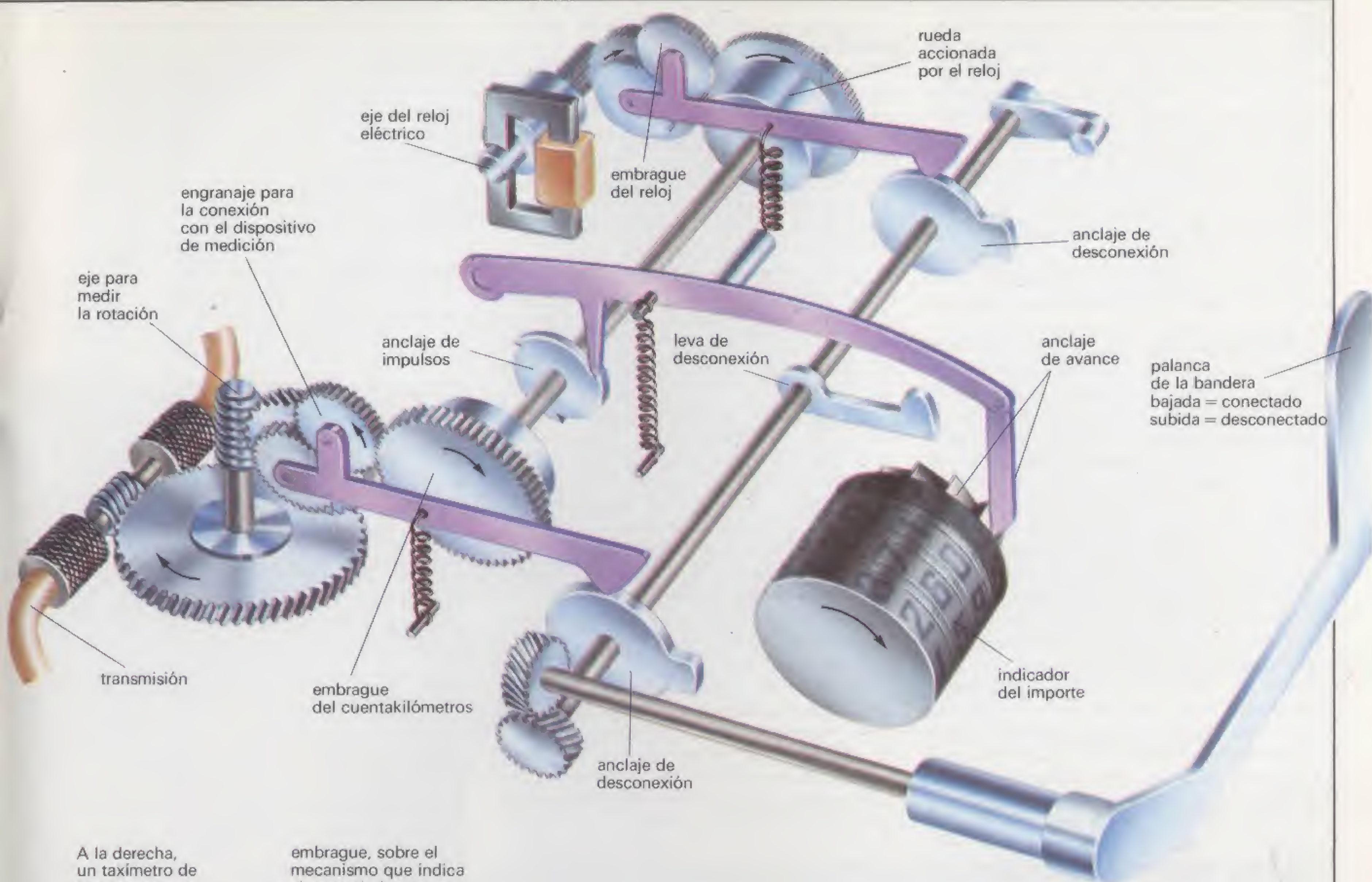
**Reglaje del taxímetro** Los taxímetros de cada zona están regulados generalmente por una organización municipal o paraestatal. Suelen estar sujetos a rigurosas inspecciones, y sólo mecánicos encargados y autorizados pueden, legalmente, abrirlos, repararlos y volver a precintarlos. En algunas ciudades, incluso, los taxímetros deben ser desmontados una vez transcurridos los doce meses de uso, revisados totalmente y verificados por organismos técnicos oficiales.

**Propietarios de taxis y establecimiento de las tarifas** Aunque muchos taxistas sean propietarios del automóvil que utilizan para prestar el servicio, otros no lo son y están empleados por los propios propietarios o por sociedades particulares, propietarias de licencias y automóviles, de las cuales dependen.

Normalmente, la tarifa de los taxis está calculada de la siguiente forma: una cantidad fija al inicio de la carrera y otra variable según la distancia recorrida y el tiempo que el taxi haya estado parado. De acuerdo con los reglamentos locales, las tarifas varían y pueden prever suplementos para los servicios nocturnos o festivos, para el transporte de equipaje voluminoso, etc. El transporte de animales, en ge-







A la derecha, un taxímetro de funcionamiento mecánico, aún muy utilizado aunque está siendo sustituido paulatinamente por el de tipo electrónico. En el esquema de arriba se aprecian los dos sistemas que ponen en movimiento, independientemente, los indicadores del coste de la carrera: uno actúa según el recorrido efectuado y otro según el tiempo transcurrido. Cuando se baja la bandera y el vehículo se pone en movimiento, la transmisión del automóvil actúa mediante un cable flexible, un sistema desmultiplicador y una conexión por

embrague, sobre el mecanismo que indica el coste de la carrera. Cuando el vehículo se detiene y la bandera sigue bajada, se desconecta el movimiento procedente del cable conectado a la transmisión y se abre el anclaje automático accionado por el reloj que ahora actúa sobre el mecanismo que contabiliza el coste. Existen otros mecanismos coordinados con los anteriores para el cambio de tarifa y para el cálculo de los suplementos. En las imágenes, tres taxímetros: dos utilizados en Italia y uno utilizado en Alemania.



neral, y de perros, en particular, es facultativo. El taxímetro debe conservar la suma de las carreras cobradas y registrar las veces que ha sido activado (bajada de bandera), así como los kilómetros recorridos en vacío y ocupado.

**Elementos del taxímetro** Existen muchos modelos de taxímetros tanto mecánicos como electrónicos (estos últimos están sustituyendo paulatinamente a los primeros por su precisión y su practicidad).

Sin embargo, el resultado de la medición que efectúan es el mismo, independientemente del vehículo sobre el cual están montados.

El modelo más corriente de taxímetro tiene su toma de accionamiento en el mismo cable que el cuentakilómetros. Un sistema de engranajes transfiere la distancia recorrida a una rueda dentada, que impulsa un eje cuya función es proporcionar el precio final que se debe cobrar. El taxímetro dispone además de un mecanismo de

relojería que le hace seguir funcionando en las detenciones, aplicando entonces una tarifa por unidad de tiempo, que es independiente de la tarifa por kilómetro recorrido y generalmente inferior. Siempre que se modifican las tarifas es necesario rectificar también los engranajes, modificación que sólo puede ser realizada por la empresa suministradora de los contadores o por algún concesionario.

Véase **Cuentakilómetros y velocímetro**



# Té

**E**l té (*Thea sinensis*) es una planta arbórea cuyas hojas se utilizan para hacer una infusión del mismo nombre. Originaria del suroeste de China y noreste de la India, se cultiva en la actualidad en otras zonas de clima favorable. El té es usado en Oriente desde la antigüedad. En el siglo XVII fue introducido en Europa, donde pronto se convirtió en una bebida popular. Gran Bretaña es en la actualidad el principal importador de té, mientras que China, India e Indonesia siguen siendo los más importantes productores.

**Botánica del té** La planta del té tiene hojas perennes, con forma elíptico-lanceolada, de borde dentado y peciolo corto; crece en climas cálidos y húmedos a lo largo de pendientes rocosas o arenosas bien drenadas. La planta puede crecer hasta 9 metros de altura si no es podada, aunque en las plantaciones no se la deja crecer más de 1,5 metros para facilitar la recolección de las hojas. Madura a los cinco años aproximadamente, edad en la cual se realiza la primera cosecha. Las flores de la planta del té son similares a las de la camelia: suelen ser blancas. Las hojas más jóvenes están recubiertas de una pelusilla blanca. Llegada a la madurez, una planta puede dar una cosecha cada 40 días durante más de 50 años. Sus propiedades estimulantes se deben principalmente a un alcaloide, la teína, que excita el sistema nervioso y muscular, eleva la presión arterial y acelera la respiración.

**Preparación de la planta del té para el consumo** Si bien existen más de 3.000 variedades de té, hay sólo tres tipos comerciales, que se diferencian según su recolección y preparación. El *té negro* (el más delicado es la variedad Keemun) da una infusión sabrosa y de color rojo. Las hojas se dejan secar sobre la propia planta y son recogidas sólo cuando la mayor parte del agua que contienen se ha evaporado por exposición al sol.

Luego, las hojas son enrolladas por métodos mecánicos para romper la estructura de las células y liberar así la fragancia y los jugos de la planta. A continuación se las deja fermentar, para alterar el contenido de clorofila, mediante una exposición prolongada a la humedad. En estas condiciones se transforma la estructura química de las hojas, ya que se libera un enzima que provoca el cambio de color de verde a gris verdoso. El *té instantáneo* se obtiene desecando por pulverización un extracto de *té negro*. El proceso industrial es muy similar al utilizado para la obtención del *café instantáneo*.

El *té verde* (la variedad más apreciada es el "Dragon Well"), al dejarse reposar en agua hervida, da una infusión pálida y dorada, de aroma muy delicado. Su recolección ha de realizarse con mucho cuidado, pues al arrancar las hojas hay que dejar el peciolo en la planta. Las hojas se hierven con el fin de inactivar los enzimas naturales, evitando así la fermentación. Luego se enrollan y se desecan.

La variedad *oolong*, considerada como intermedia entre el *té negro* y el *té verde*, es recogida únicamente en Taiwan y sólo una vez al año; la bebida que se obtiene es agradable y de color ambarino. La fermentación de las hojas de *oolong* es detenida en un punto crítico, cuando las hojas alcanzan una coloración gris verdosa. Después de la fermentación, las hojas de té se hacen secar para bloquear el proceso de oxidación y remover todos los líquidos presentes.

**Cómo preparar un buen té** Para preparar la bebida hay que hacer hervir agua





En la página anterior, extensa plantación de té. Las plantas, que alcanzan la densidad de 10.000 ejemplares por hectárea, son plantadas en filas paralelas y en la base de las colinas, donde crecen más protegidas. En el centro de la foto se pueden apreciar las plantas que son sometidas a tratamientos especiales. La cosecha, que suele realizarse a mano, consiste en arrancar de la planta

los jóvenes brotes con las hojas tiernas. La recogida se efectúa aproximadamente cada 12 días. Las hojas cosechadas pueden tratarse de tres maneras diferentes, con objeto de producir té negro, té verde o té oolong. Bajo estas líneas, aspecto arbustivo de la planta de té y, en la parte inferior de la página, una fotografía nos muestra las semillas encerradas en sus cápsulas.



La planta del té tiene el aspecto de arbusto, cuya altura puede llegar a alcanzar hasta los 9 metros de no ser podada. Por lo general, su altura suele mantenerse a unos 1,5 metros, lo que facilita su cuidado y recolección. Es una planta de hojas perennes, siempre verdes, con forma elíptica lanceolada y con los bordes dentados. Las más jóvenes suelen estar cubiertas por una pelusilla blanca.

La planta tarda en madurar unos cinco años, momento en el cual puede realizarse la primera cosecha. Una vez alcanzado este estado la planta puede producir una cosecha cada 40 días. Sus flores son blancas, y parecidas a las de las camelias. Sobre estas líneas, flores de té. Estas son polinizadas por pequeños insectos que las visitan en el breve período en que están abiertas, comúnmente, un par de días.

Tomar el té con los amigos se ha convertido en un hábito muy difundido. En algunos países, como el Reino Unido, tomar el té ha llegado a convertirse en un auténtico ritual social, mientras que en otros, como China, es considerado como una práctica de gran relevancia en la consecución de una armonía social. La ceremonia del té, ya sea la realizada por las parsimoniosas mujeres orientales como por las rígidas matronas inglesas, constituye un gesto de hospitalidad, una invitación a la integración social. Actualmente, los ingleses consumen 300.000 tm de té al año, equivalentes a 6 tazas diarias por persona.

fría en una cacerola pequeña y calentar la tetera de cerámica con un poco de agua caliente. En la tetera se pone una cucharilla de té por cada taza, y, al final, se añade una cucharada más. Después, se vierte rápidamente el agua hirviendo sobre las hojas y, con la tetera tapada, se deja que la infusión repose durante un tiempo que no debe exceder de 3 a 5 minutos, pues de lo contrario se disuelven también los principios astringentes que hacen menos delicado el sabor de la infusión.

Los europeos toman el té con azúcar, limón o leche; los chinos, por el contrario, lo beben puro, para enjuagar y refrescar la boca durante la comida. Algunas veces, las hojas secas de té son mezcladas con flores secas (de azahar, rosas, jazmines, etc.), especias o, como el "Earl Grey Tea", con aceite de bergamota.

Véase Agricultura; Café





# Tecnología orbital

**T**odo cuerpo celeste (planetas, satélites, cometas, asteroides) se mueve en el espacio describiendo una *órbita*, que es una trayectoria curva cuya forma exacta depende de la influencia gravitacional que sobre él ejercen los otros cuerpos del sistema a que pertenece.

Las órbitas de la mayoría de los cuerpos celestes pertenecientes al Sistema solar son *elipses*. La Tierra, por ejemplo, orbita alrededor del Sol describiendo una elipse que es casi circular. Ninguna órbita es exactamente una cónica geométrica, ya que continuamente son modificadas por las influencias ejercidas por los otros cuerpos. Los cometas se mueven, generalmente, alrededor del Sol siguiendo elipses muy excéntricas. Raramente un cometa describe una trayectoria en forma de parábola o hipérbola, ya que en cualquiera de los casos abandonaría el Sistema solar para siempre, después de haber orbitado una sola vez alrededor del Sol.

**Las órbitas de los misiles y de los satélites** Las mismas leyes que rigen el movimiento de los planetas a lo largo de sus órbitas gobiernan también el movimiento de los satélites y de los vehículos espaciales lanzados desde la Tierra.

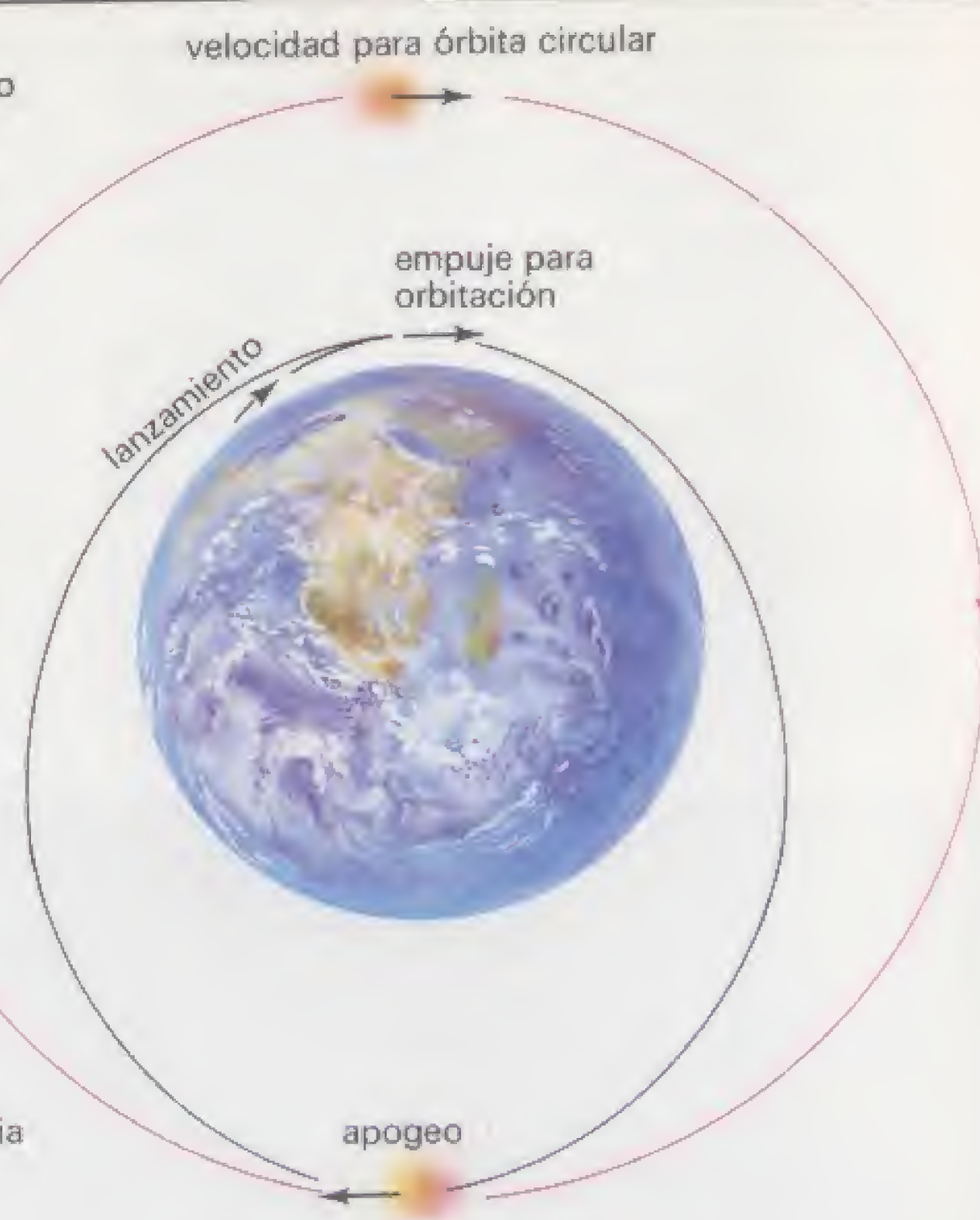
En este último caso, la forma de la órbita viene determinada, fundamentalmente, por la atracción gravitacional que la Tierra ejerce sobre el vehículo y por su velocidad de lanzamiento. Si el vehículo es lanzado con una velocidad relativamente baja (entre 3 y 5 km por segundo), alcanzará las capas más altas de la atmósfera, pero no mantendrá la velocidad suficiente como para permanecer en órbita alrededor del planeta. Por otra parte, el rozamiento con la atmósfera y la continua atracción ejercida por la Tierra tenderán a hacer que su velocidad disminuya lo suficiente como para precipitar su caída, que se producirá en algún punto de la superficie terrestre.

Este tipo de trayectoria suborbital, que se extiende por encima de la superficie te-

En las tres figuras de la derecha se muestran ejemplos de correcciones y modificaciones orbitales. En la de la izquierda, el objetivo consiste en alcanzar una órbita circular alta. El vehículo se eleva siguiendo una órbita elíptica con un apogeo igual al radio de la órbita circular que se pretende establecer. Se acelera en el apogeo para mantenerse sobre esa órbita según un círculo perfecto, maniobra ésta relativamente fácil ya que basta con el modesto empuje que le puede proporcionar un cohete adicional. En el centro, ascenso en órbita circular amplia y descenso según órbita elíptica (transferimiento de apogeo). Se asciende

como en el caso anterior y en el nuevo apogeo se frena el vehículo (flecha dirigida en sentido

contrario al movimiento). A la derecha, transferencia entre dos órbitas circulares.



restre bajo la acción de la gravedad únicamente, recibe el nombre de *trayectoria balística*, y es la trayectoria de los proyectiles de artillería de gran alcance y de los misiles balísticos intercontinentales.

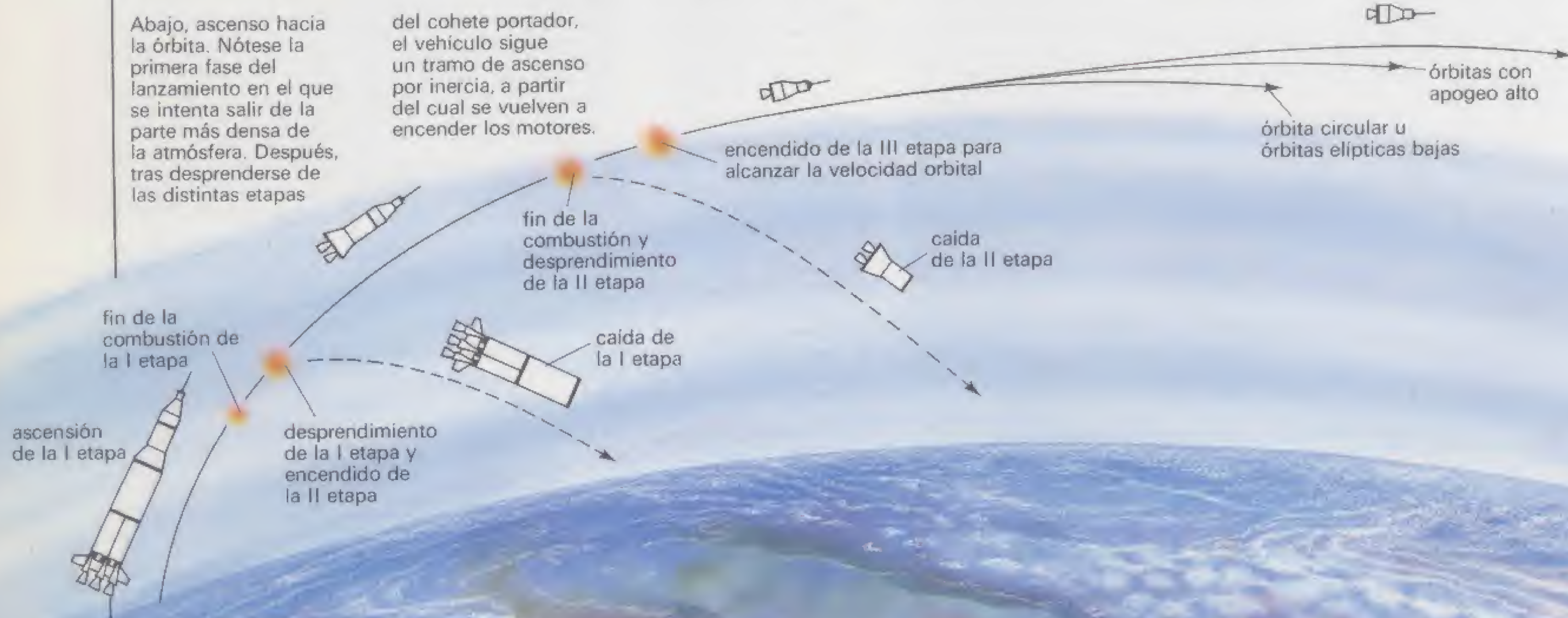
Para que un cuerpo pueda llegar a situarse en órbita alrededor de la Tierra, debe comunicársele una aceleración tal que, al alcanzar una altura de 160 km sobre la superficie, su velocidad sea superior a los 7,7 km por segundo (*velocidad de satelización*). Si viajase a una velocidad superior a esta velocidad crítica, la altura exacta y la forma de la órbita del satélite vendrían determinadas por el valor de su velocidad y de un gran número de factores externos.

Un cuerpo lanzado desde la Tierra con una velocidad superior a los 11 km por segundo abandonará completamente el campo gravitatorio terrestre y podrá adentrarse en los espacios interplanetarios. Esta velocidad crítica de 11,2 km por

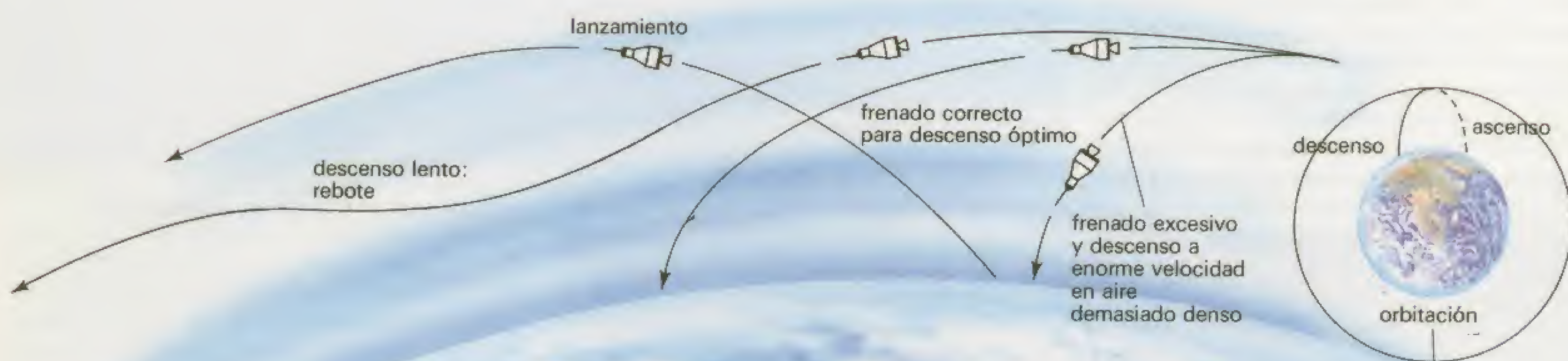
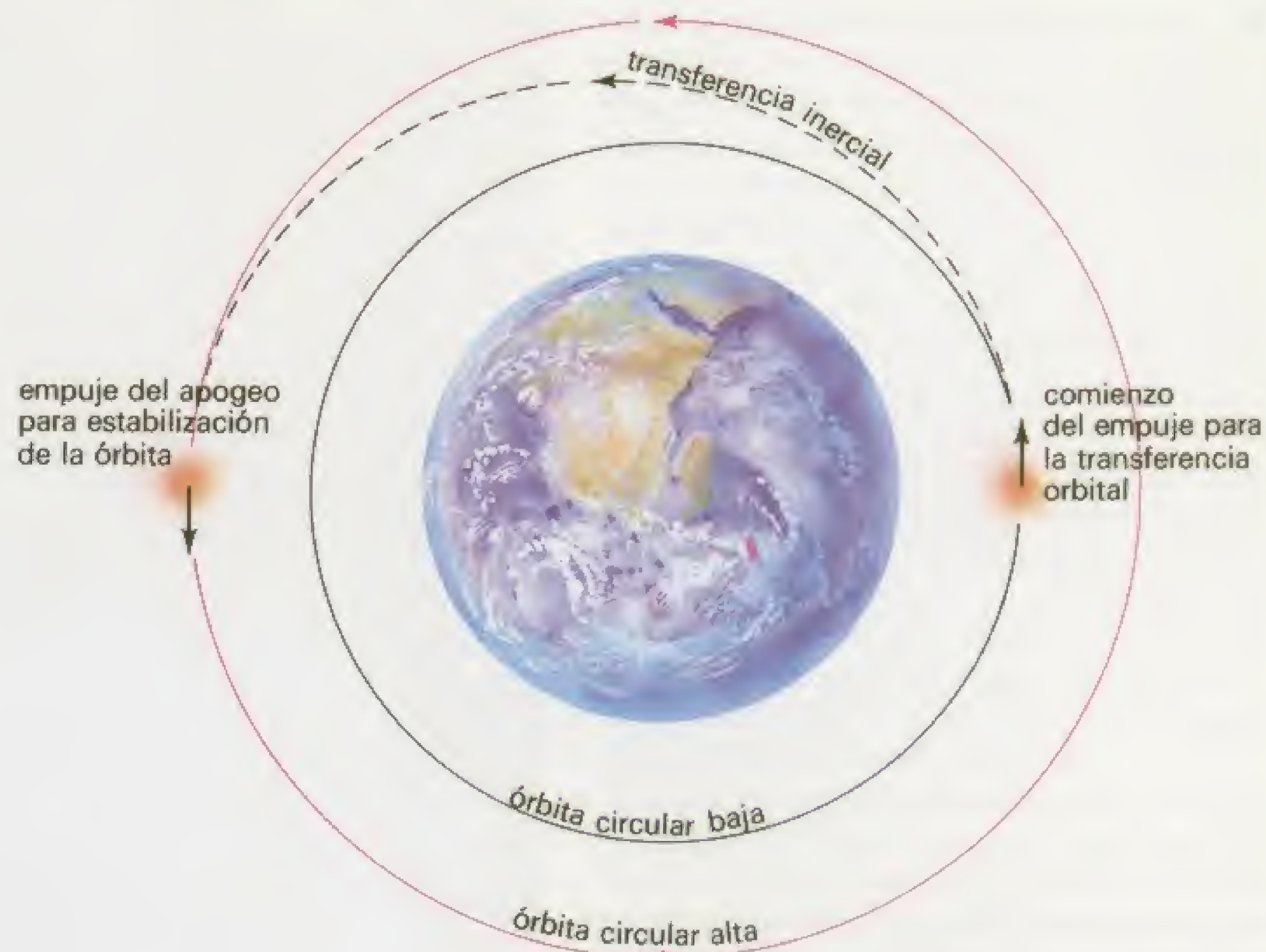
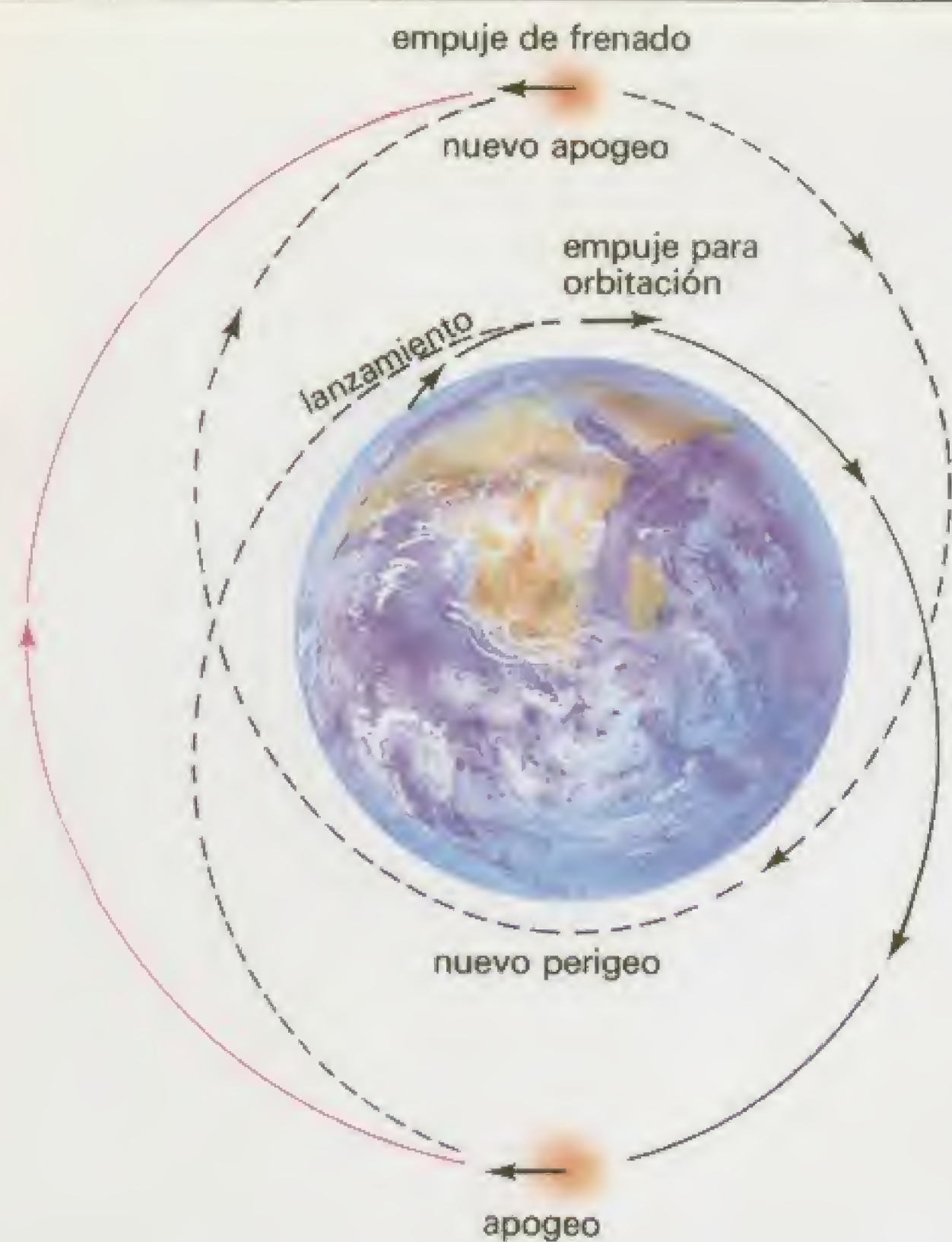
segundo es la *velocidad de fuga* (o de escape) y varía en función de la altura desde donde se realice el lanzamiento del cuerpo. Si el vehículo espacial es lanzado con la velocidad y la dirección adecuadas, podrá llegar a interceptar la órbita de un planeta o de cualquier otro cuerpo del Sistema solar.

**Tecnología de la orbitación** Los satélites artificiales y los vehículos espaciales, a diferencia de los cuerpos celestes naturales, pueden, después de haber sido lanzados, modificar y corregir sus órbitas según las necesidades.

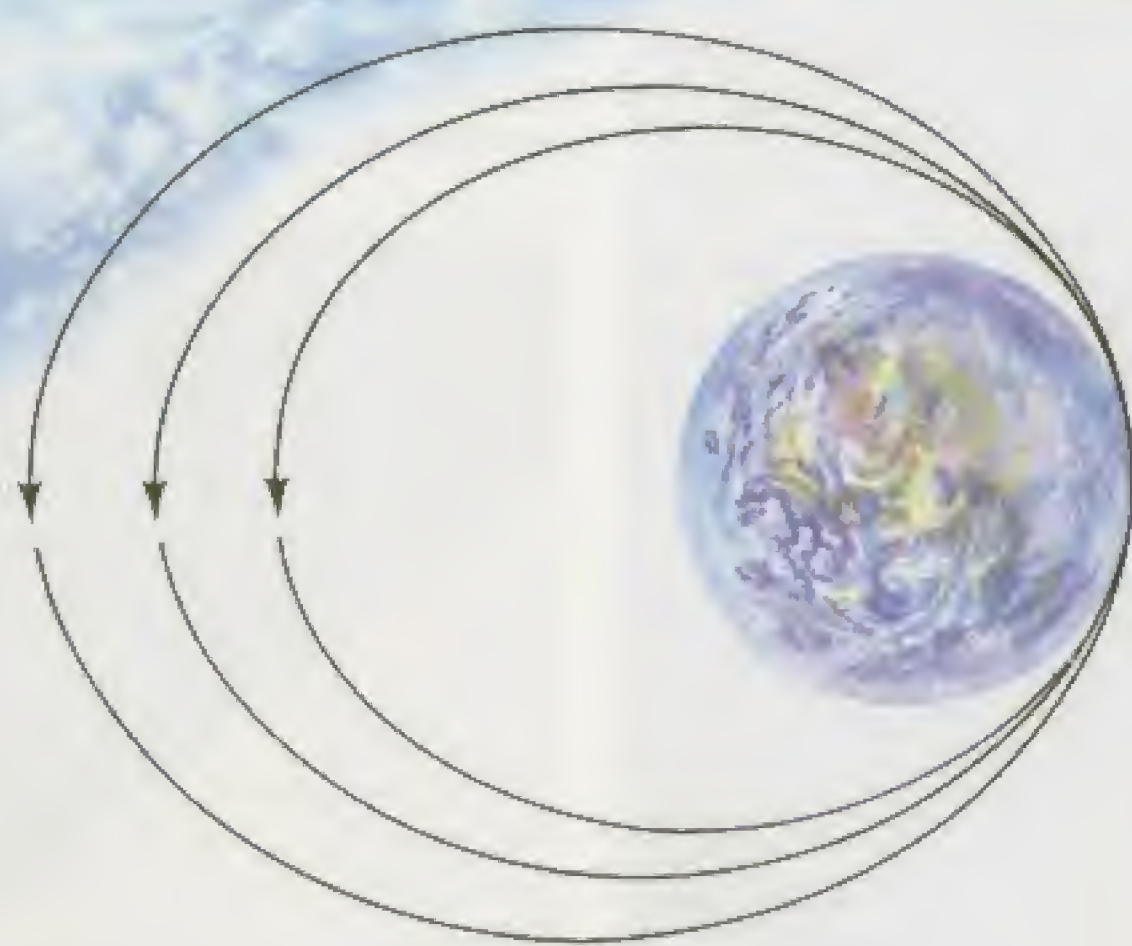
La posibilidad de poder inducir ligeras variaciones en las trayectorias espaciales de vehículos y satélites artificiales es muy importante, ya que, por ejemplo, la resistencia ejercida por la atmósfera puede hacer que una órbita se degrade y que el vehículo caiga. La mayor parte de los vehículos espaciales están equipados con pe-







el perigeo bajo dentro de la atmósfera implica frenado y posterior descenso del apogeo.



La imagen superior nos muestra tres posibles órbitas alcanzables una vez que se ha superado la cota orbital límite. El ascenso a esta cota se logra mediante el empuje de una primera etapa del

cohetes portador para salir de la parte densa y resistente de la atmósfera y por un posterior empuje que completa el ascenso hasta llegar en posición horizontal a la cota orbital. A partir de ese momento la tercera etapa suministra el empuje necesario para lograr la velocidad deseada. Si esta velocidad es la mínima para el mantenimiento de la órbita, dicha órbita resultará circular a la altura del encendido de la tercera etapa. Si, como a menudo se hace como medida precautoria, se suministra un exceso de velocidad, se obtendrán órbitas con apogeos más alejados. Más arriba, ejemplos de maniobras de seguimiento en órbita.

pequeños cohetes direccionales o *retrocohetes*, que pueden ser activados, por control remoto, desde el centro de control de la misión situado en la Tierra.

Estos pequeños cohetes pueden ser encendidos en distintos momentos del viaje con el fin de corregir la trayectoria del vehículo o para dirigirlo con mayor precisión hacia su objetivo. Los cohetes pueden ser nuevamente encendidos para reducir su velocidad en el momento en que el objetivo es alcanzado, especialmente si éste es otro vehículo con el que deba acoplarse, o también en el caso de que deba permanecer en una determinada órbita alrededor del planeta. De ese modo, la dirección por control remoto de vehículos espaciales se convierte en algo extremadamente preciso, con una tolerancia de pocos centímetros, en el caso de las órbitas alrededor de la Tierra, y de pocos kilómetros, cuando se trata de viajes interplanetarios.

Véase **Astronáutica; Satélite artificial**



# Tectónica

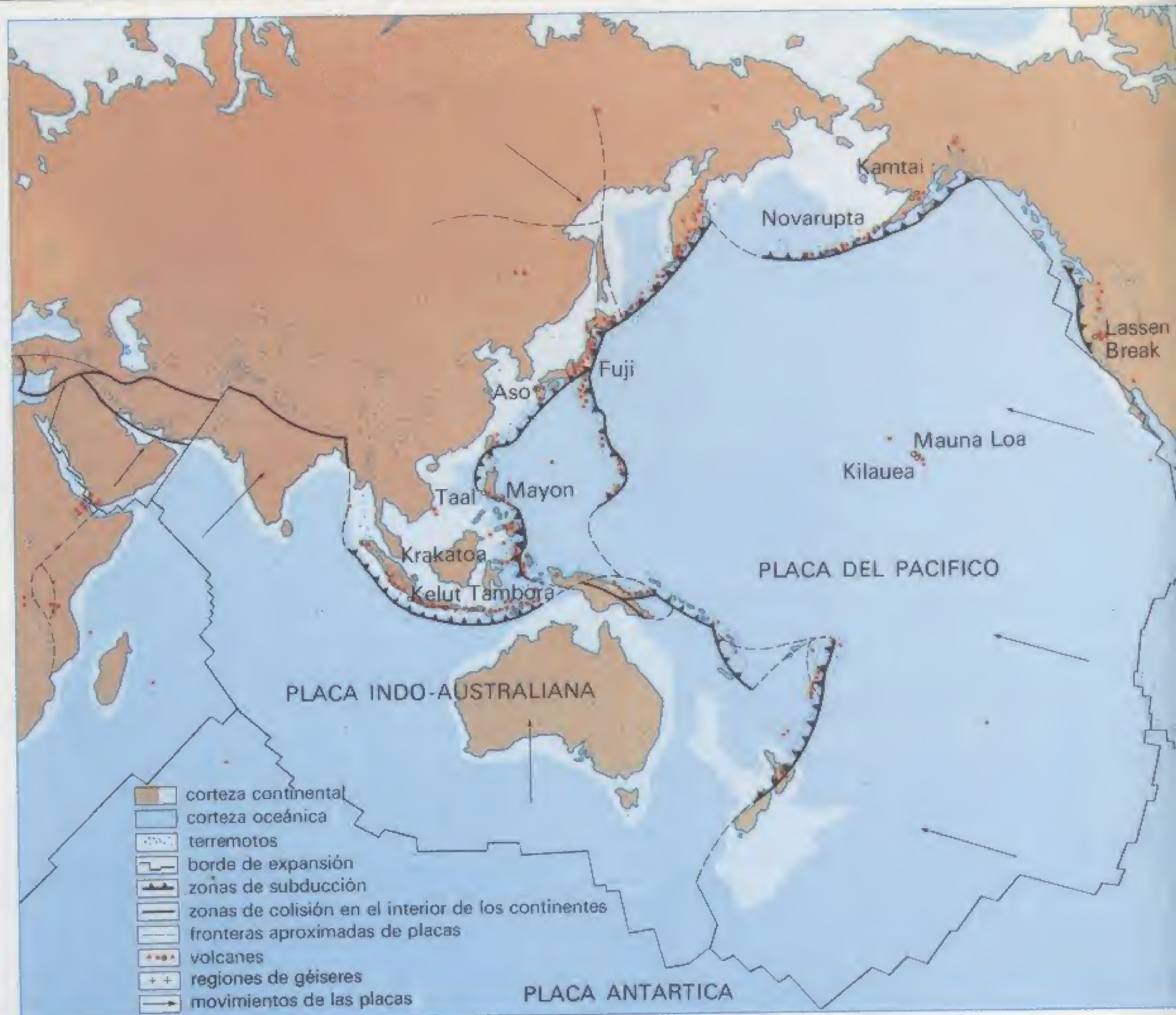
**A** veces, una teoría puede revolucionar por completo el estado de una ciencia; tal es el caso de la teoría de la deriva de los continentes. En 1912 Alfred Wegener propuso que los continentes no constituirían elementos fijos de la estructura de la corteza terrestre, sino que se desplazaban sobre un sustrato basáltico, variando su posición en el transcurso de centenares de millones de años. Sin embargo, al carecer en su época de todos los medios necesarios para probarla, la teoría de Wegener terminó siendo rechazada por los geólogos. Los datos necesarios para demostrarla comenzarían a surgir muchos años más tarde.

En 1954, un grupo de geofísicos ingleses demostró, mediante el estudio del magnetismo remanente de las rocas, que los polos magnéticos de la Tierra debían de haber experimentado notables desplazamientos en el pasado, siguiendo una trayectoria denominada *deriva polar*. Lo sorprendente para ellos fue comprobar que dicha deriva era distinta según se obtuviese a partir de las rocas de un continente o a partir de las de otro. Es decir, en cada continente se deducía una distinta trayectoria de los polos en los últimos doscientos millones de años. Esto sólo se podía explicar admitiendo que eran los continentes los que se habían movido.

Poco después se encontraron en la Antártida fósiles del Carbonífero de animales de ambiente tropical, muy similares a los encontrados en África y Sudamérica en estratos de la misma época. La única explicación de esta aparente paradoja era que la Antártida había estado unida en el pasado a África y al continente americano, formando una gran masa continental con una fauna y flora comunes. A partir de un determinado momento, ese supercontinente se fragmentó en varios más pequeños, que derivarían independientemente hasta alcanzar las posiciones relativas que muestran hoy día. Así, a mediados de los años sesenta, los geólogos se habían convencido de la validez de las ideas de Alfred Wegener.

La deriva de los continentes explicaba muchos hechos, incluida la formación de cadenas montañosas. En efecto, ninguna teoría precedente había sido jamás tan convincente en este aspecto: los cinturones de plegamiento constituían el resultado final de la colisión entre dos continentes a la deriva. La teoría de la deriva de los continentes explicaba asimismo las paradojas climáticas que se deducían del estudio de las sucesiones rocosas en muchas zonas del mundo: esto es, la existencia de períodos de clima tropical y de clima frío glacial. Se puede, por lo tanto, afirmar que esta teoría dio finalmente una explicación unitaria a muchos y diferentes problemas.

**Las placas litosféricas** La corteza terrestre, es decir, la envoltura externa de la Tierra que constituye las áreas continentales y los fondos oceánicos, está formada por un cierto número de placas rígidas,

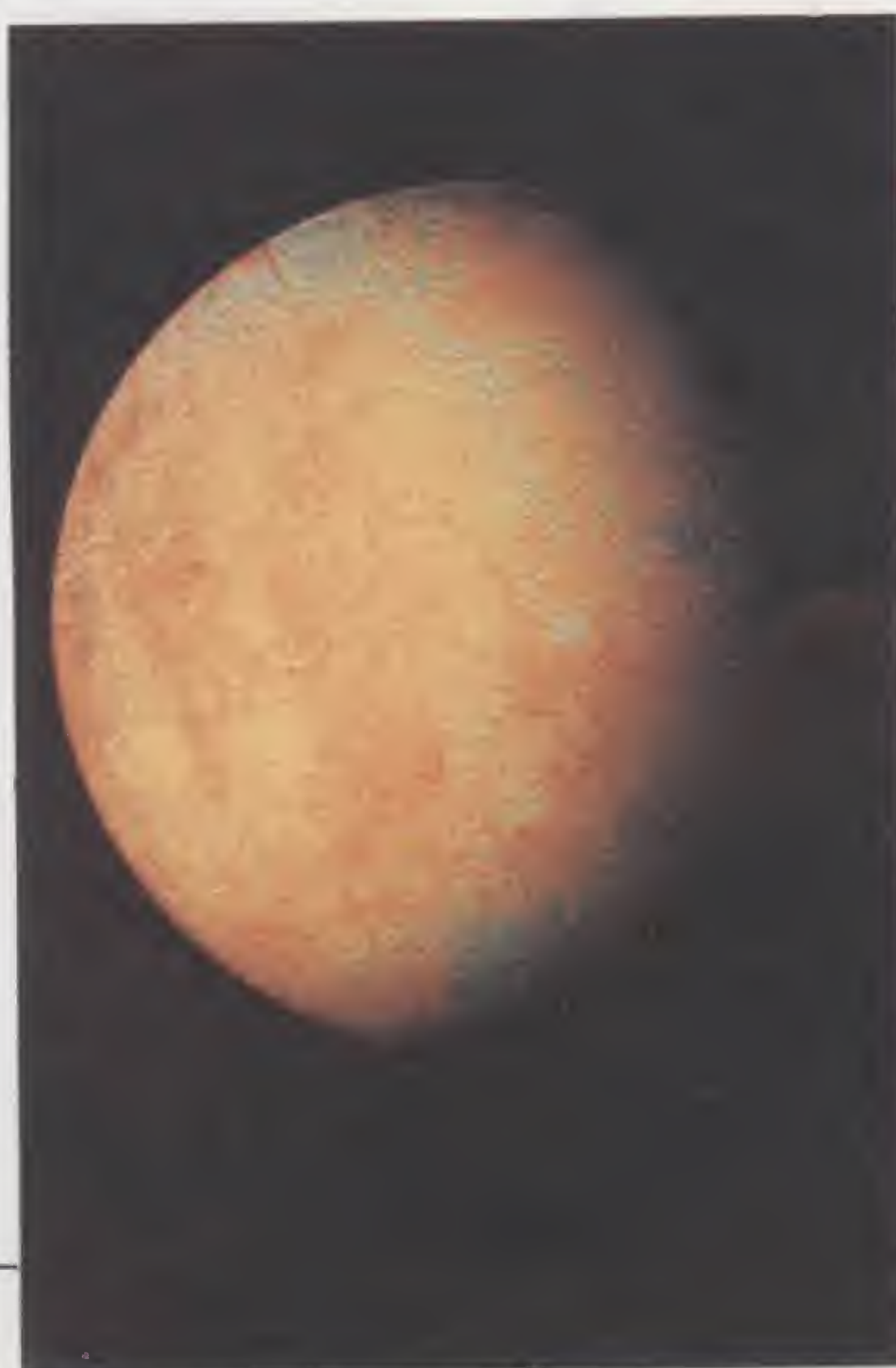


Arriba, mapa tectónico de la Tierra. En él se pueden ver todas las dorsales, o bordes distensivos, de las placas en las que ascienden magmas y se forma nueva corteza, y los bordes destructivos, en los que hay subducción con formación de fosas oceánicas, generalmente de gran profundidad. Se ven también las fallas

transformantes que atraviesan las líneas axiales de las dorsales centrooceánicas. De esta manera, toda la corteza terrestre está dividida en poco más de unas veinte placas, que están en continuo movimiento, en continua formación y destrucción. En estos últimos años, gracias a los datos aportados por diversas sondas espaciales, ha sido

posible comparar la historia de la corteza terrestre con la de otros planetas. Bajo estas líneas se ven dos tomas de Europa, uno de los mayores satélites del planeta Júpiter. Resulta evidente la fragmentación de su superficie. Probablemente el fenómeno sea debido al hecho de que la

parte externa del satélite está constituida por una gruesa capa de hielo de unos 100 km de espesor que envuelve el interior rocoso. La fragmentación del hielo y el relleno de la fractura con material endógeno provocaría el aspecto que ofrece el satélite. La situación tiene cierto parecido con el caso de la corteza terrestre.







Este plano es el origen de una intensa actividad sísmica, así como de un intenso magmatismo, que genera en superficie cinturones de volcanes que jalonan el borde entre las dos placas convergentes, cuya expresión morfológica son las fosas submarinas. La subducción culmina en la colisión de las masas continentales que no pueden ser arrastradas en profundidad, generándose los cinturones de plegamiento que originan las cadenas montañosas.

Es importante destacar cómo la actividad volcánica está concentrada en las zonas de divergencia y de convergencia de placas; esto indica que el vulcanismo está estrechamente relacionado con la disposición de las placas, cuyos límites, a menudo, son muy evidentes precisamente por las cadenas de volcanes.

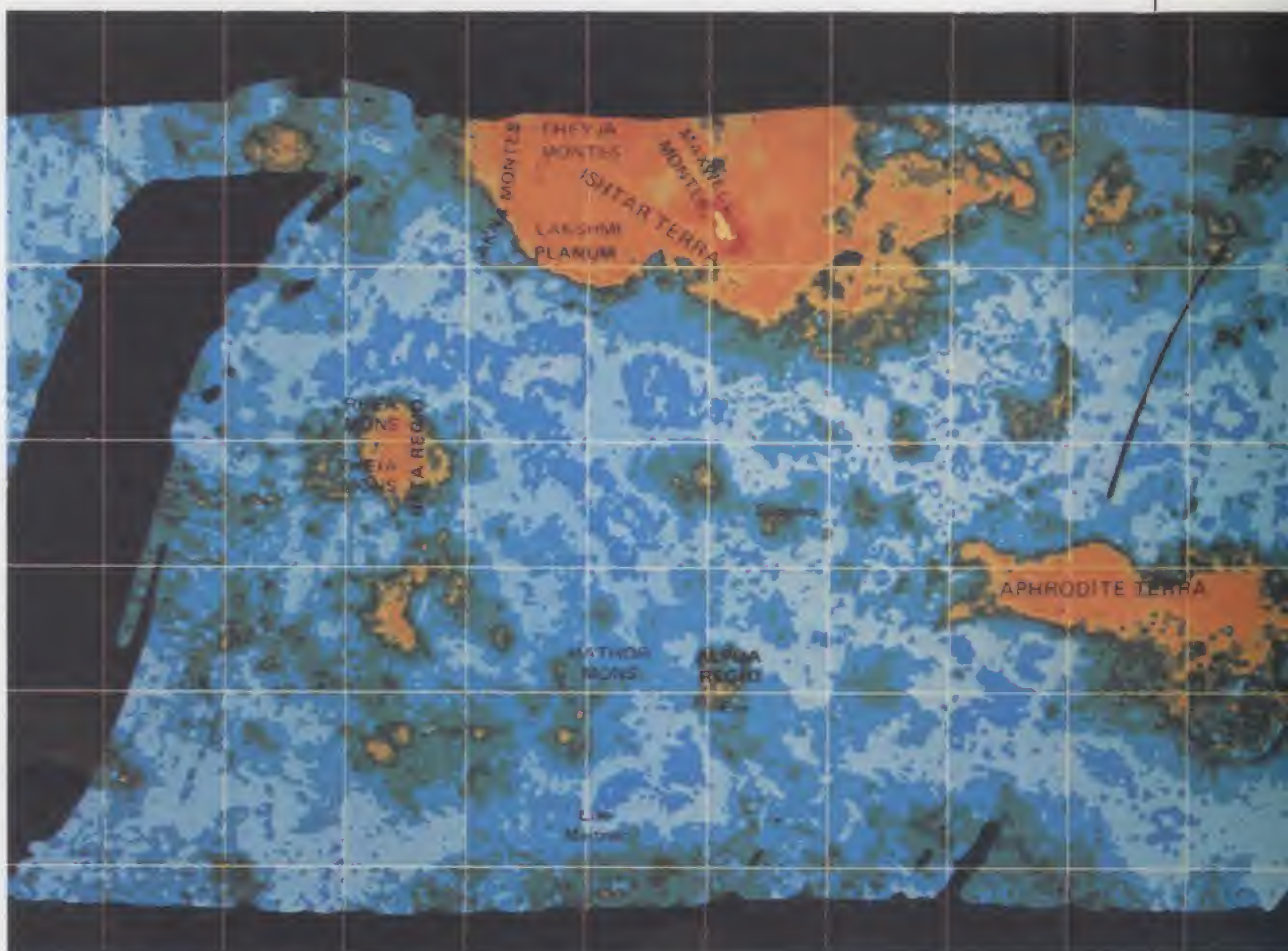
Otra forma de interacción entre dos placas adyacentes es el simple resbalamiento lateral de una respecto a otra a lo largo de grandes fallas de desgarre, llamadas *fallas transformantes*. El movimiento de las placas se traduce en saltos intermitentes a favor de esas fallas, que generan intensos terremotos y que no suelen ir acompañadas de vulcanismo. La falla de San Andres, en California, es un ejemplo de falla transformante y es bien conocida por sus periódicos y violentos terremotos.

**La deriva de los continentes** La tectónica de placas explica también la deriva

pero móviles entre sí; se han identificado doce placas principales y muchas otras más pequeñas. Muchos fenómenos geológicos se han hecho más comprensibles desde que los geólogos han descubierto que esas placas están en constante movimiento.

Cuando dos placas se separan, en la grieta central se van inyectando magmas, es decir, material rocoso fundido, que al solidificar generan nuevas porciones de corteza. Esta corteza neoformada se va soldando en forma de bandas a las placas que se separan. El proceso continuado a lo largo de millones de años forma la llamada corteza oceánica sobre la que se apoyan los océanos. La grieta central es, pues, una zona de vulcanismo activo, principalmente submarino, y morfológicamente constituye una cordillera que se eleva sobre el fondo de los océanos. El caso más conocido es el de la cordillera dorsal Atlántica, que discurre en dirección nort-sur por el centro del océano Atlántico.

La separación distensiva de una placa respecto a otra en uno de sus bordes exige una fuerte interacción compresiva respecto a otras placas en el borde opuesto, donde se ha de consumir necesariamente un volumen de corteza equivalente al que se crea en la dorsal. La resolución mecánica de este problema es la *subducción*, mecanismo consistente en la introducción de una placa bajo otra a favor de un plano de falla, que recibe el nombre de *plano de Benioff*. Su inclinación es, por lo general, pequeña pudiendo llegar a los 60°.



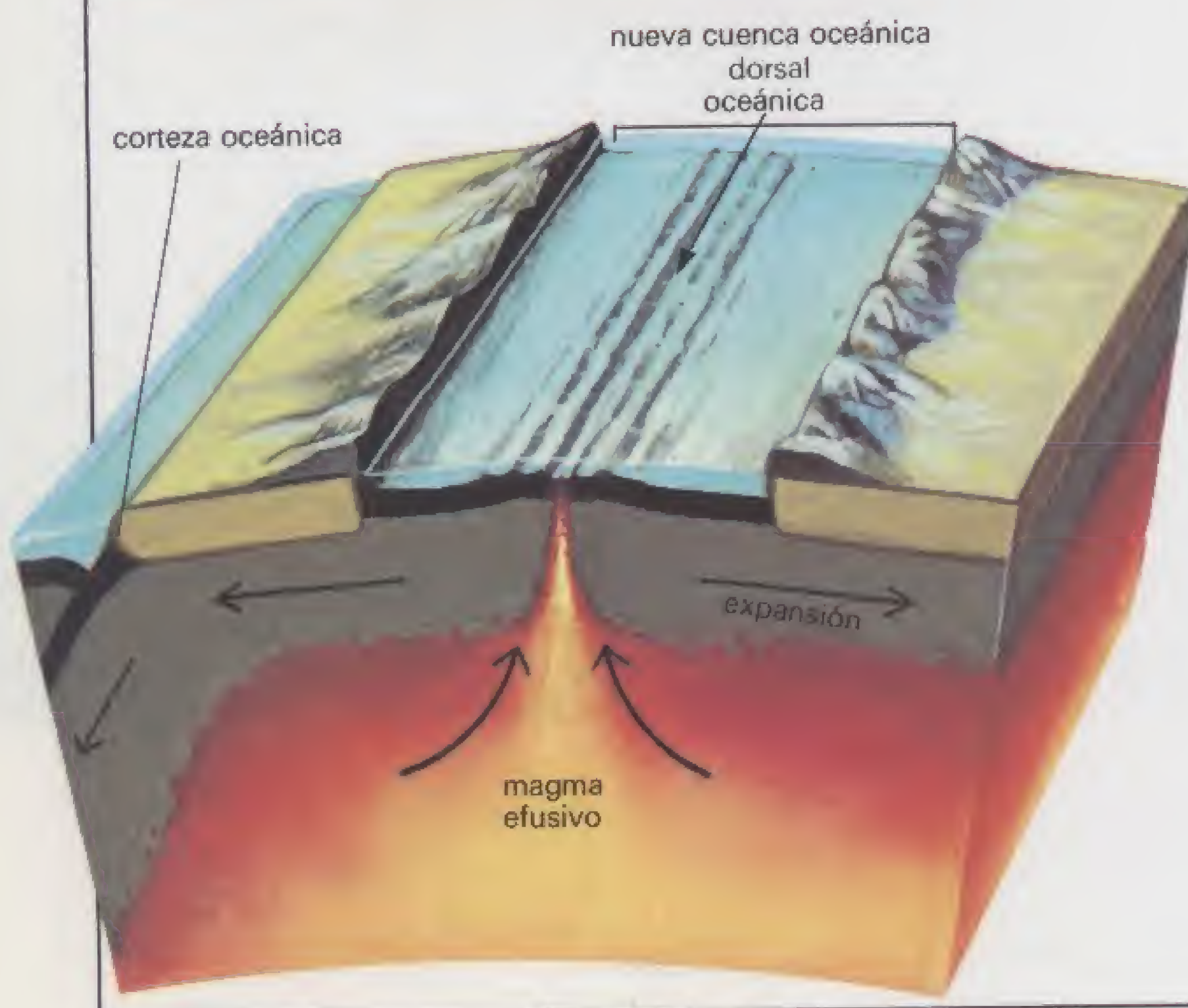
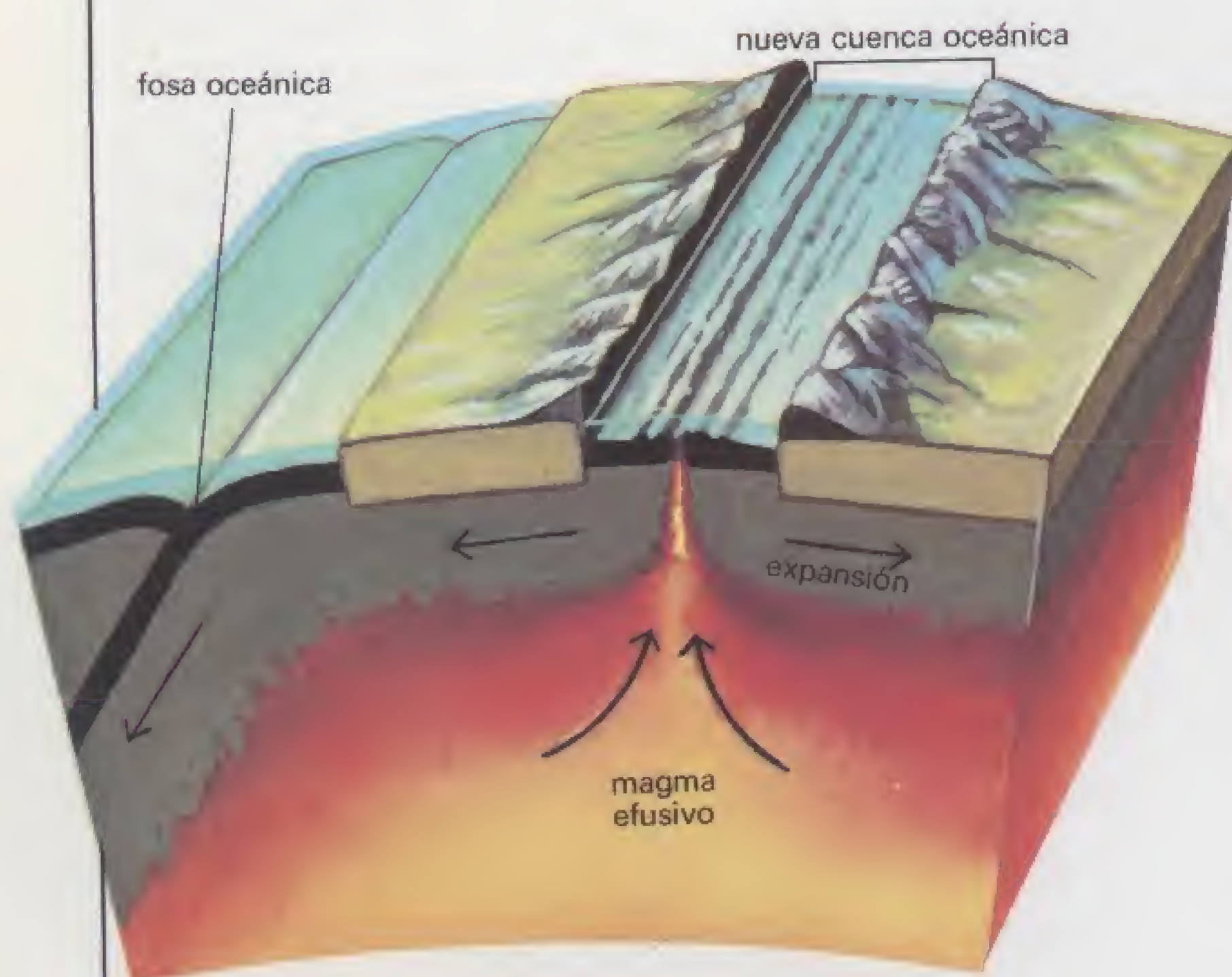
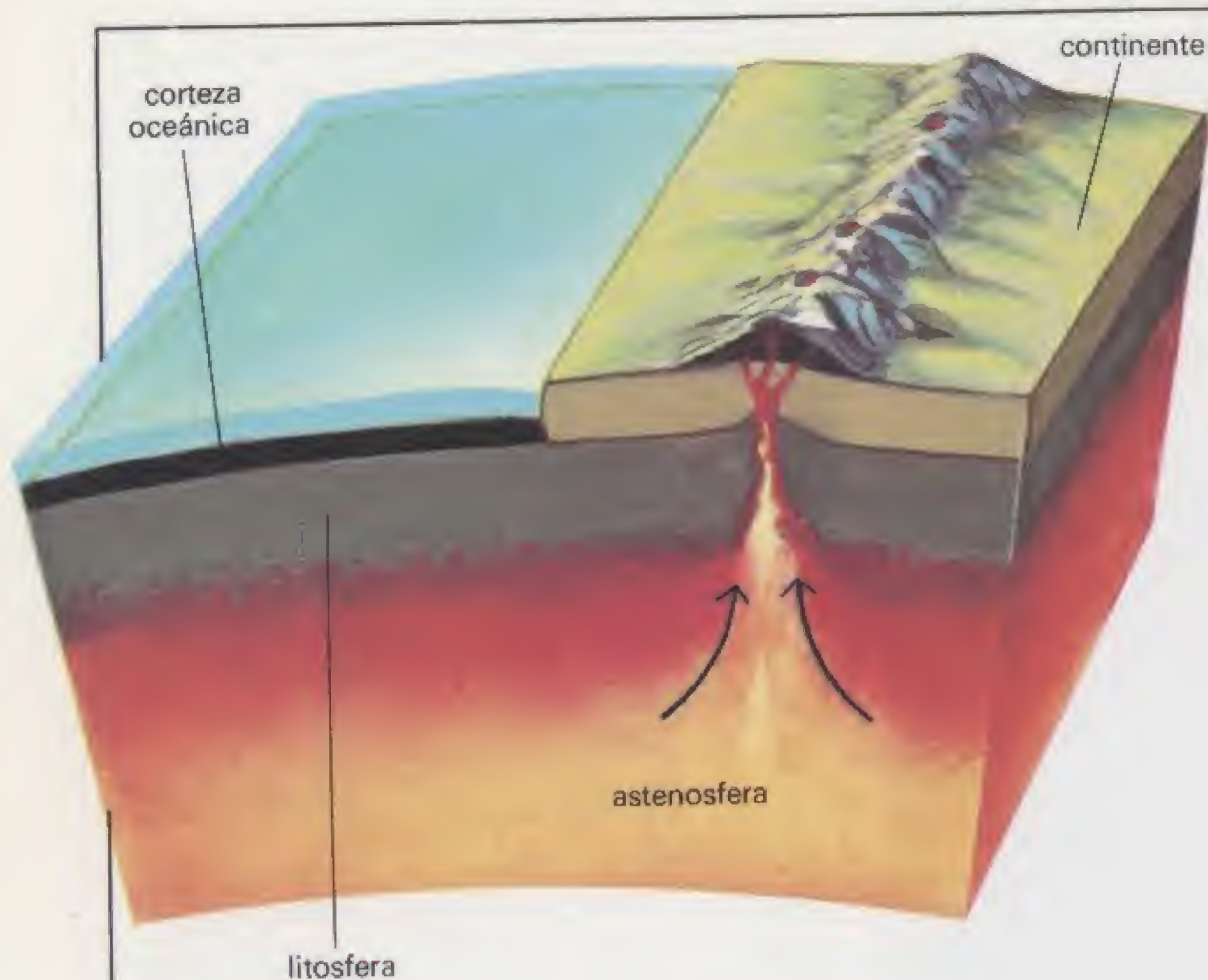
El mapa radar de Venus, cuya superficie se encuentra totalmente oculta y de forma permanente por una densa capa de nubes, revela, por

encima del fondo azul de las grandes llanuras, la elevación de grandes masas de tipo continental, lo que asemeja su superficie a la de la Tierra, por

lo menos en ciertos aspectos. No obstante, otras tomas, efectuadas por medio de radar y de instrumentos instalados sobre

su superficie, hacen pensar que Venus no ha vivido una historia tectónica similar a la de la Tierra, sino una actividad a escala mucho más reducida.



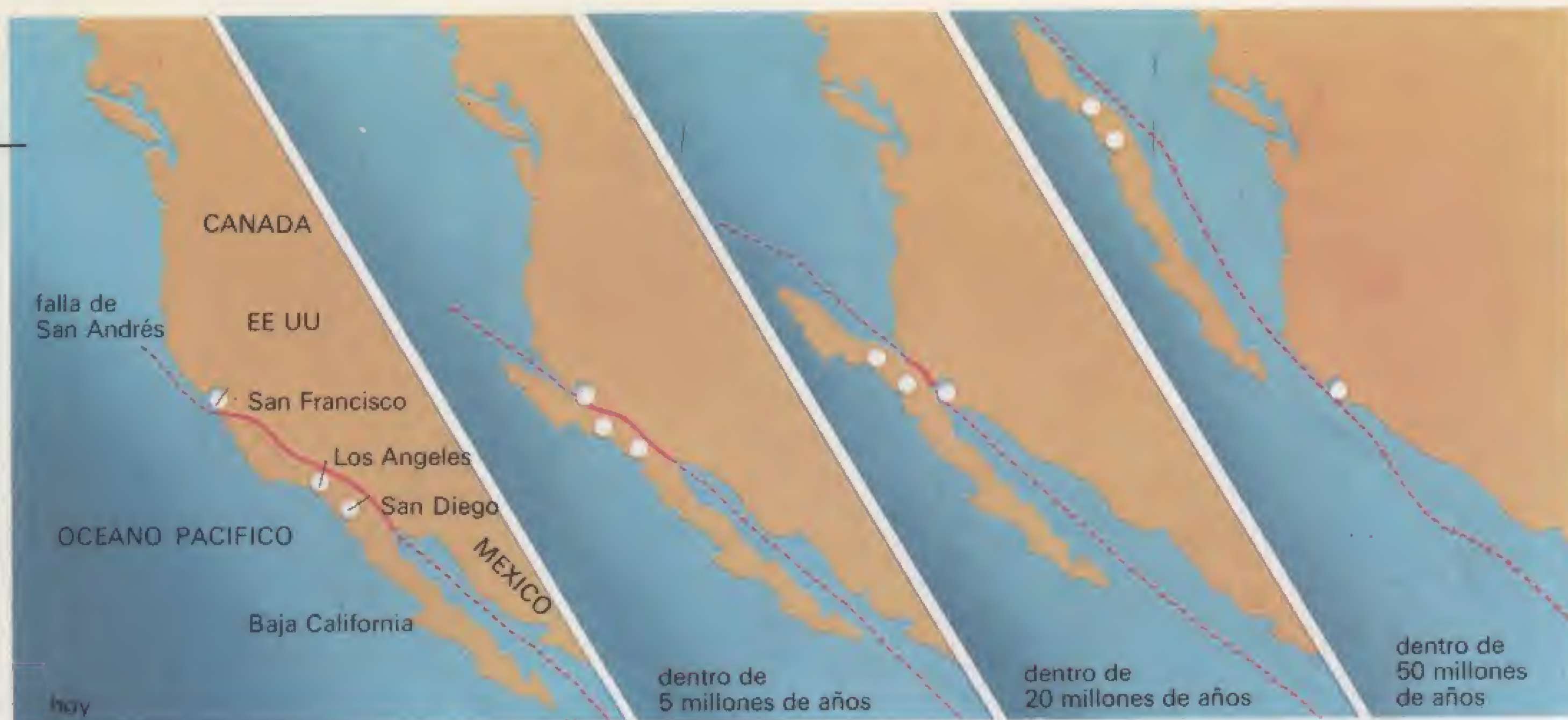


A la izquierda puede observarse la fragmentación distensiva de un continente y el relleno de la grieta con magmas profundos. El empuje de la placa provoca en el borde opuesto la formación de una fosa oceánica. La separación de los dos fragmentos continentales va acompañada por la generación de corteza oceánica y por la entrada de agua de mar. El proceso conduce a la formación de un nuevo océano con una dorsal volcánica en su parte central. Arriba, una fotografía, tomada desde satélite, del Mar Rojo, en la que puede verse la porción meridional de la península del Sinaí. El Mar Rojo es un océano embrionario, resultante de la separación en direcciones relativas opuestas de la península de Arabia, que forma parte de la placa euroasiática, y de África. La formación del Mar Rojo se corresponde con la segunda de las tres etapas de formación y expansión oceánica del esquema reproducido junto a estas líneas.

de los continentes intuida por Alfred Wegener. Observando la Tierra, resulta evidente que si América del Norte y América del Sur se acercaran a Europa y a África cerrándose el océano Atlántico, encajarían casi perfectamente. Este hecho es algo más que una simple coincidencia. Como demuestra la tectónica de placas, existe una explicación: hace unos 200 millones de años, los principales continentes estaban unidos formando un gran supercontinente (*Pangea*). Al comienzo del Mesozoico, hace unos 140 millones de años, esta gran masa continental se fracturó, originándose los continentes actuales y abriéndose entre ellos, primero, mares y, luego, extensos océanos. Tal es el caso del océano Atlántico. Los bordes de las plataformas continentales (verdaderos límites de las masas continentales) de América y de Europa-Africa son por ello coincidentes y, según se ha podido calcular, se han venido separando a una velocidad media de casi 2,5 m al año.

La dinámica de las placas litosféricas, a partir de la fragmentación del *Pangea* al comienzo del Mesozoico, es la responsable de la formación de las cadenas montañosas recientes, llamadas *alpinas*. Estas cadenas, cuyos ejemplos mejor conocidos son los Alpes y el Himalaya, son el resultado de la subducción de unas placas bajo otras y de la ulterior colisión de las masas continentales. Las dos cadenas citadas se formaron al cerrarse el océano de Tetis, del que es relicto el actual Mediterráneo, y producirse la colisión de África y la In-





Los pequeños mapas de la izquierda muestran la evolución relativa en el futuro de la placa continental norteamericana y de la del Pacífico. Estos desplazamientos son consecuencia del resbalamiento lateral que ambas placas sufren a lo largo de la falla de San Andrés. Como se puede ver, California se despegará del continente y se alejará hacia el norte. Abajo, una fotografía de infrarrojos tomada desde satélite de la falla de San Andrés.

dia contra el continente Euroasiático. Las cordilleras circumpacíficas, como las montañas Rocosas en América del Norte y los Andes en América del Sur, son también el resultado de la subducción hacia el este, en los casos citados, de la placa del Pacífico. La corteza oceánica se introduce bajo el borde continental, provocando actividad sísmica y vulcanismo.

**Las causas principales de la deriva de los continentes** La Tierra tiene una estructura interna estratificada. En el centro se encuentra un *núcleo*, parcialmente líquido, formado por una mezcla de metales, principalmente hierro. El núcleo está recubierto por el *manto*, que representa en volumen la mayor parte del planeta. Lo forman zonas constituidas por silicatos ferromagnesianos cuya naturaleza exacta, sobre todo a grandes profundidades, resulta por el momento desconocida. Lo importante aquí es que esos materiales, sometidos a elevadas temperaturas y presiones, pueden deformarse plásticamente sin romperse bajo la aplicación de esfuerzos prolongados durante largos períodos de tiempo geológico. El enfriamiento progresivo de la Tierra puede generar este tipo de esfuerzos y poner en funcionamiento grandes células de corrientes de convección dentro del manto. En virtud de éstas, los materiales calientes ascenderían en unos puntos y descenderían, más fríos, en otros, creando un efecto de cinta transportadora.

La corteza terrestre es la capa que envuelve al manto. Se trata de una capa de escaso espesor (unos 15 km bajo los océanos y de 30 a 60 km bajo los continentes), que es esencialmente rígida. Las corrientes de convección en el manto subyacente serían las responsables de la creación y de la dinámica de las placas litosféricas. Estas se desplazarían arrastradas por las corrientes, resbalando sobre una capa situada a unos 150-400 km de profundidad, llamada *astenosfera*, y en la que probablemente los materiales del manto están parcialmente fundidos.

Conviene tener presente que la corteza continental está formada esencialmente por rocas graníticas, en un sentido amplio, mientras que la corteza oceánica lo está por rocas de composición basáltica.

### Expansión de los fondos oceánicos

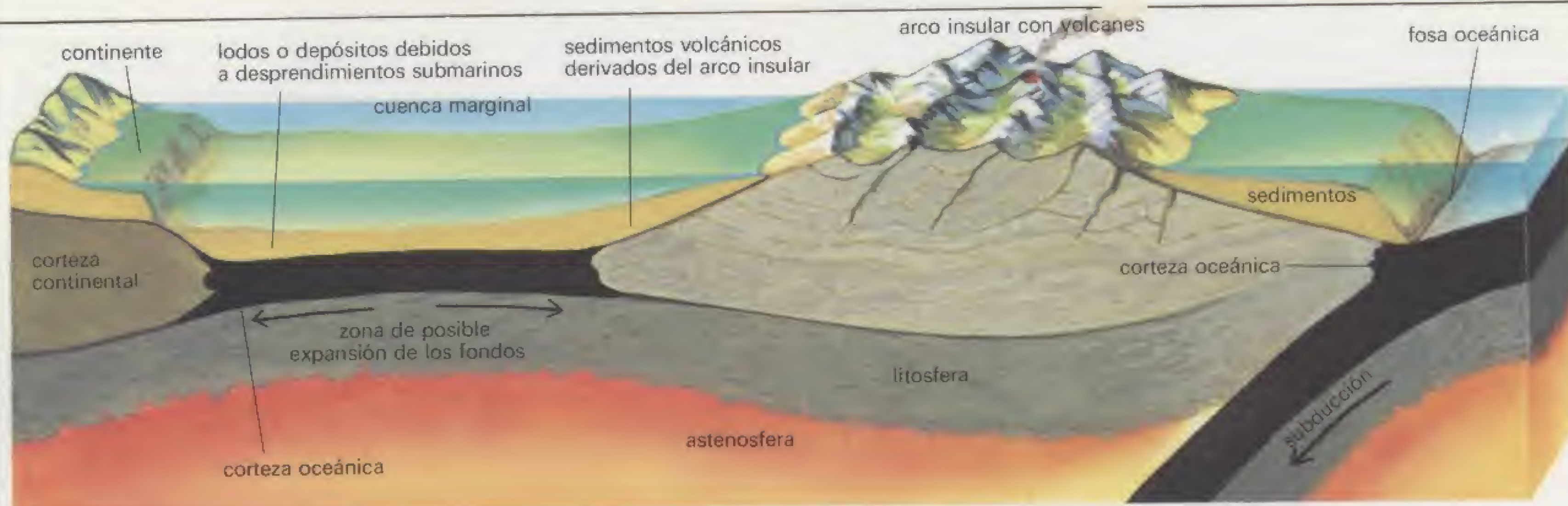
Como ya se ha señalado, dichas placas litosféricas divergen en las dorsales oceánicas. En ellas tiene lugar una continua inyección de material lávico basáltico para ocupar el espacio dejado por la separación, creándose así nueva corteza oceánica. El resultado es la expansión de los fondos oceánicos, que conlleva en el borde opuesto de la placa un proceso de subducción. Según el concepto geológico de tiempo, el proceso de expansión de los fondos oceánicos es relativamente rápido. Ninguna parte de la corteza oceánica actual tiene más de 150 millones de años, mientras que en los continentes se encuentran rocas mucho más antiguas, con edades que se remontan a los 3.200 millo-

nes de años. Estos datos confirman la juventud de los océanos con respecto a las masas continentales. Ello se debe al hecho de que, al ser las rocas basálticas más densas que las graníticas, participan activamente en los procesos de subducción, retornando al manto en las denominadas zonas de Benioff, en un proceso cíclico de creación-destrucción. Por el contrario, las masas continentales, menos densas, colisionan entre sí, pero no se introducen en el manto. Los continentes conservan así las huellas más antiguas conocidas de la historia geológica del planeta.

El agrupamiento de los continentes en una sola o en dos grandes masas continentales, vía colisiones, parece haber tenido lugar en varias ocasiones en la his-







toria de la Tierra. Cada una ha desembocado seguidamente en una fragmentación continental, con la consiguiente generación de nuevos océanos. Como hemos dicho, la última gran fragmentación tuvo lugar hace unos 150 millones de años.

**La estructura de los continentes** Los estudios geológicos en las áreas continentales permiten hoy día tener una imagen muy completa de su compleja estructura. Efectivamente, las masas continentales están constituidas por bandas o cinturones de plegamiento de distintas edades, unas veces subparalelos y otras claramente discordantes entre sí. En algunos casos se observa una cierta zonalidad entre los cinturones o áreas más antiguos, situados hacia el interior continental, y los más jóvenes, situados hacia los bordes.

En un principio, se pensó que dicha zonalidad era norma más que excepción, de-

duciéndose de ello un modelo de crecimiento continental por creación de orógenos sucesivos. Según este modelo, los continentes estarían en proceso de crecimiento continuo, siendo su volumen actual considerablemente mayor del que tendrían en los tiempos precámbricos. A los núcleos continentales de esta edad, constituidos por restos de cadenas montañosas muy desmontados por la erosión y formados esencialmente por rocas rígidas, granitos y rocas metamórficas, se les llama *cratones*. Estos serían los islotes estables sobre los que se habrían adosado las cadenas modernas fanerozoicas (sistemas de plegamiento caledoniano, hercínico y alpino).

La tectónica de placas ha modificado sustancialmente esta visión de la estructura continental. Efectivamente, la zonalidad es más bien excepcional, siendo el caso más corriente la superposición dis-

cordante de cadenas sucesivas. Esto es lógico si se tiene en cuenta que la fragmentación continental con la que se inicia un ciclo de subducción-colisión puede ser muy irregular. El futuro cinturón plegado, formado por la colisión de las placas, puede no guardar relación geométrica alguna con cadenas anteriores. En cuanto al volumen de las masas continentales, está demostrado que ha debido de variar muy poco. Dicho de otra manera, la masa continental actual no debe de ser muy distinta de la que se formara de resultados de la diferenciación geoquímica en la etapa pregeológica de la Tierra. Existe, efectivamente, un equilibrio muy perfecto entre los materiales continentales que, en forma de sedimentos, van a parar al océano y son posteriormente subducidos en las zonas de Benioff, y los materiales arrojados en los bordes continentales en forma de vulcanismo.





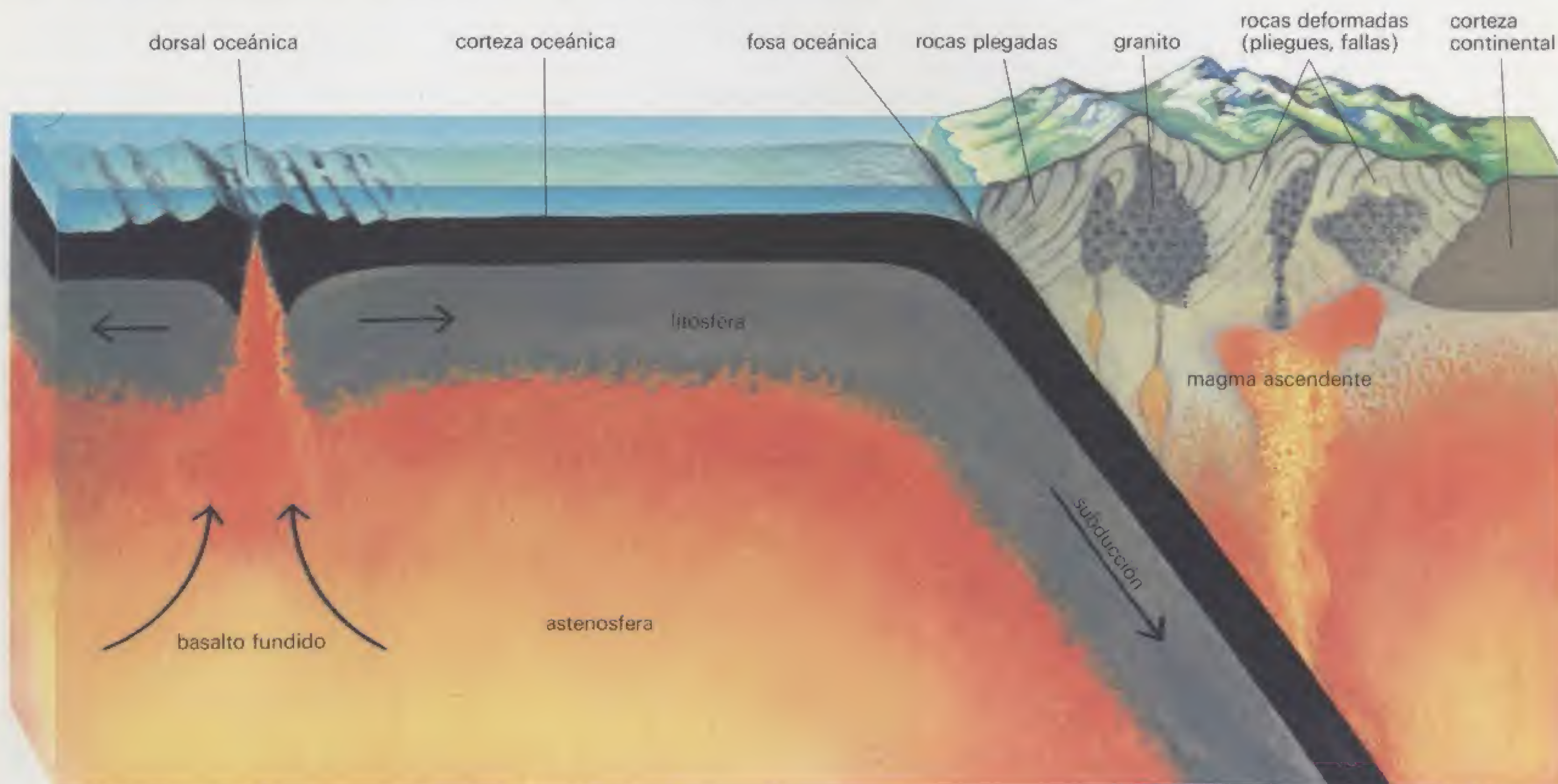
**Arcos volcánicos** Los bordes de los continentes bajo los cuales está teniendo lugar la subducción de la corteza oceánica perteneciente a otra placa están jalados de alineaciones arqueadas de volcanes, frecuentemente en forma de islas volcánicas. Tal es el caso de Japón, Filipinas o Aleutianas, donde la placa oceánica pacífica subduce bajo el borde del continente asiático.

Los magmas arrojados por esos volcanes son fundamentalmente de composi-

ción andesítica, semejante a la composición media de la corteza continental. El origen de esos magmas está en la fuerte interacción entre las dos placas a lo largo del plano de Benioff y son el resultado, en parte, de la fusión de los materiales arrastrados hacia el manto por la placa subducente. El vulcanismo de arco es, pues, el mecanismo fundamental que regula el mantenimiento del volumen total de las masas continentales, desde el remoto Precámbrico hasta la actualidad.

Junto a este tipo de vulcanismo, existe otro volumétricamente menos significativo, que tiene lugar en el interior de las placas y no en sus bordes activos. Este vulcanismo contribuye poco a los cambios globales. Ejemplos son las cadenas de volcanes hawaianos dentro de la placa Pacífica o las montañas de Hoggar, vulcanismo ya extinto, en el Sahara argelino.

Véase **Corteza terrestre; Deriva continental; Litosfera**



En la página anterior, arriba, la placa central de la figura se mueve hacia la derecha y se desliza por encima de otra placa que se hunde hacia el manto. A la izquierda se abre una pequeña cuenca oceánica (mar marginal), que se rellena con sedimentos procedentes de la erosión del continente y del arco volcánico. Arriba, corteza oceánica que se genera por el ascenso de magma desde el manto (flechas hacia arriba) y formación de una dorsal oceánica; la corteza recién formada se desplaza hacia el continente, a la derecha, y se desliza por debajo de él a lo largo de un plano de falla, que es la llamada zona de Benioff. Abajo, en la página anterior, las islas Célebes, que son un punto de encuentro de tres placas, y, a la derecha, el Himalaya, resultante de la colisión entre la placa India y el continente asiático.





# Tejidos

**L**a historia de los tejidos es tan antigua como la del mismo hombre. El término "textil", procedente del latín *texere*, "tejer", se utiliza no sólo para indicar los procesos de fabricación del tejido en sí, sino también todas aquellas labores necesarias para transformar las fibras vegetales, animales y sintéticas en hilados y telas, así como las operaciones de estampado, tinte y acabado que darán lugar a un tejido listo para su posterior confección.

**De las fibras al hilo** El primer paso en la producción de los tejidos lo constituye la hilatura, es decir, el proceso de transformación de una masa de materias fibrosas, ya sean naturales o artificiales, en un

censo. Con la Revolución Industrial, la hilatura también fue mecanizada.

**Del hilo al tejido** Una vez creado el hilo, el siguiente paso es la fabricación del tejido en sí. Los tejidos obtenidos a partir de hilos pueden agruparse en tres grandes apartados: los tejidos formados mediante el entrelazado de dos series de hilos, denominados *trama*, hilo transversal, y *urdimbre*, hilo longitudinal, que constituyen el tipo de tejido más común. Los tejidos de malla, formados por el entrelazado de una serie de hilos entre sí, cuyos tipos más conocidos son los tules, encajes y pasamanerías. Por último, los géneros o tejidos de punto, que están formados por un

solo hilo de longitud indefinida que evoluciona sobre sí mismo.

En la actualidad, las exigencias de la producción en masa han llevado a la mecanización de todas las fases del proceso de fabricación del tejido, si bien el principio fundamental ha permanecido inmutable. No obstante, aún existen artesanos que trabajan con telares manuales, aunque en estos casos su labor puede considerarse un auténtico arte. Existe otro tipo de tejido, llamado comúnmente *tela no tejida*, que consiste en una estructura textil obtenida de la unión o el entrecruzamiento de fibras, sometiéndolas para ello a un tratamiento que puede ser mecánico, químico, térmico o, simplemente, de humec-



hilo homogéneo. Las fibras deben ser seleccionadas ante todo con arreglo a su longitud, dado que de las más largas se obtienen los tejidos de mejor calidad. En el caso del algodón, por ejemplo, las fibras son separadas (o cardadas) y peinadas mecánicamente. Esta fase no es necesaria, en cambio, en el caso de la seda, pues el gusano de seda segrega un filamento líquido individual que se seca en contacto con el aire. Los tejidos sintéticos están constituidos por fibras que se obtienen al hacer pasar las distintas soluciones de polímeros a través de una hilera que lleva incorporada una serie de toberas de pequeño diámetro, de forma similar al rociador de una ducha.

El paso siguiente consiste en "torcer" varias fibras para obtener un único hilo (incluso el más sutil hilo de costura está compuesto en realidad por varias fibras unidas). La hilatura es una actividad muy antigua, que en principio se realizaba únicamente mediante el empleo de una rueca y un huso. La primera era una vara de unos treinta centímetros de largo, con un roquero en su extremidad superior en el que se colocaba el copo de fibras que se iban a hilar. El huso, que era dentado y estaba arrollado y atado a un extremo de la rueca, descendía girando lentamente hacia tierra y envolvía las fibras en su des-



Arriba, máquina para tejer de la Nuova Pignone-Smit, Schio, Vicenza. A la izquierda, teñido artesanal de la lana en una pequeña industria española. El teñido industrial de los hilos en madeja tiene lugar en cajones provistos de un tabique separador. Las madejas, ensartadas y tensas entre dos varas, son sumergidas en el baño colorante.

Arriba, a la izquierda, telar del siglo XIX. Con la Revolución industrial se mecanizó la fabricación del tejido utilizándose máquinas de hilar que podían girar a una velocidad de 45.000 vueltas por minuto.







tación con un adhesivo. Las fibras utilizadas en estos casos pueden ser naturales o sintéticas. Actualmente incluso se están realizando tejidos con papel y empleándolos en la fabricación de prendas que resultan muy baratas y que, una vez usadas dos o tres veces, pueden tirarse. El papel se corta en tiras que después se humedecen y tuercen para formar hilos. Estos pueden tejerse o tricotarse como si se tratara de hilos textiles normales.

El teñido de los tejidos puede realizarse en diferentes fases del proceso de producción. Los colorantes vegetales, a pesar de ser los de origen más antiguo, se siguen empleando frecuentemente. No obstante, la mayor parte de los procesos industriales prevé el empleo de colorantes sintéticos a base de alquitrán de carbón mineral. Además de conferir la coloración deseada, los tintes deben responder a una serie de características específicas como su estabilidad a la luz y a los detergentes, y a la normal duración de los tejidos. Estos son sometidos finalmente a un proceso de "fijación" mediante soluciones químicas, calor y compresión, que les confieren características peculiares.

**Productos textiles** En algunos yacimientos arqueológicos pertenecientes a comienzos del Neolítico (8.000 a. de C) se han hallado pequeños fragmentos de tejidos, y entre los hallazgos más comunes encontrados en las excavaciones de antiguas tumbas egipcias y precolombinas figuran sudarios, telas y ropas ceremoniales. En la actualidad, la indumentaria constituye probablemente el mayor campo de aplicación de los tejidos, aunque éstos también se utilizan extensamente en el revestimiento de muebles, en la decoración, en el campo médico, para apósitos, vendas y soportes ortopédicos especiales, en el campo industrial, para algunos elementos de los automóviles, etcétera.

Por otra parte, el desarrollo de las fibras sintéticas ha revolucionado la producción

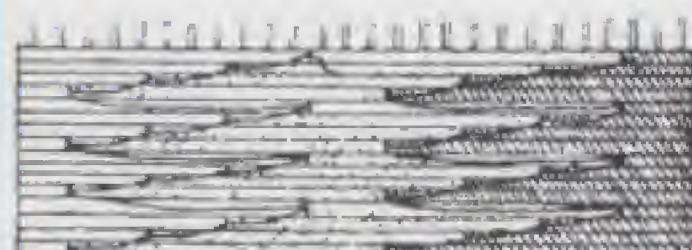
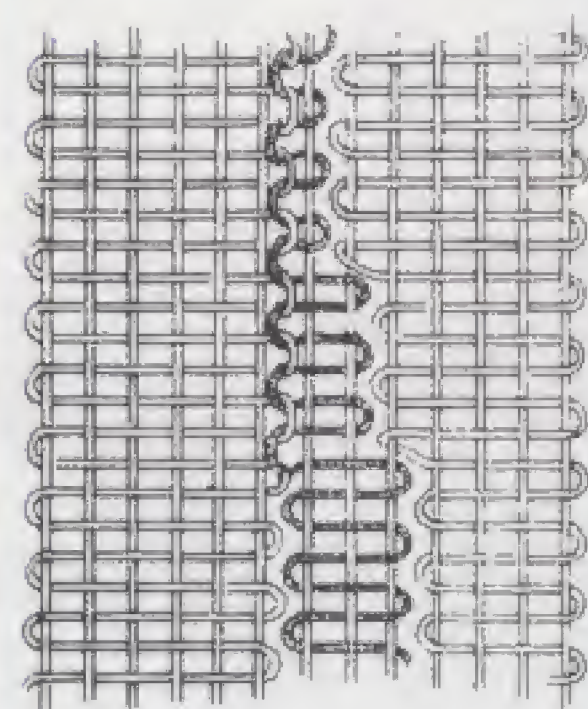
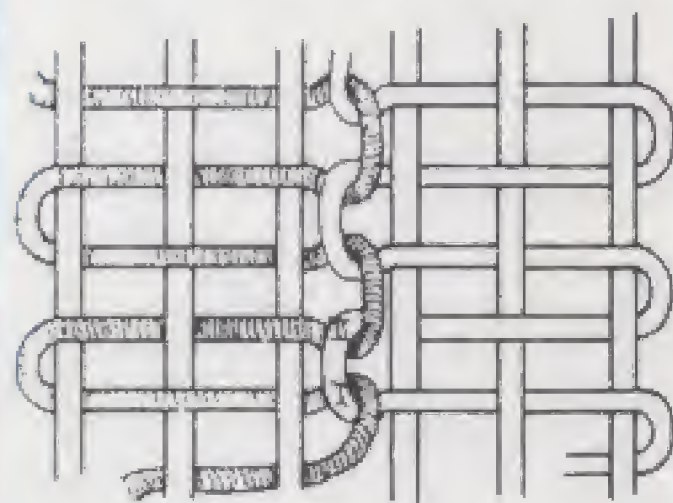
de los tejidos, haciendo posible la realización de un gran número de fibras diferentes, con propiedades y características específicas en función de las especiales exigencias científicas, industriales y de mercado. Por ejemplo, un tipo de fibras, de características similares a las del nailon, pero con la propiedad añadida de ser no-inflamables, fueron desarrolladas para su em-

pleo en accesorios de aparatos de alta velocidad, para dispositivos filtrantes, para prendas protectoras y para la indumentaria completa que han de vestir los astronautas en sus misiones espaciales.

Véase **Algodón; Hilados; Lana; Seda; Tejidos, fabricación de; Telar; Telar de Jacquard**

El tapiz es un tipo especial de tejido en el que los dibujos son parte integrante de él, en lugar de estar simplemente superpuestos. Esta labor puede realizarse con telares mecánicos o manuales, y estos últimos pueden ser verticales (malla alta) u horizontales (malla baja), envolviendo y cubriendo por completo los hilos de la urdimbre con los de la trama en ambos. En la malla alta, el tapicero se

coloca detrás del telar y controla la labor con un espejo; en la malla baja, el boceto, colocado debajo de la urdimbre, es reproducido en sentido inverso. El trabajo del tapiz, muy apreciado en algunas épocas por su riqueza y calidad, es muy lento cuando se realiza manualmente, hasta el punto de avanzar aproximadamente un metro cuadrado por año en algunos casos.

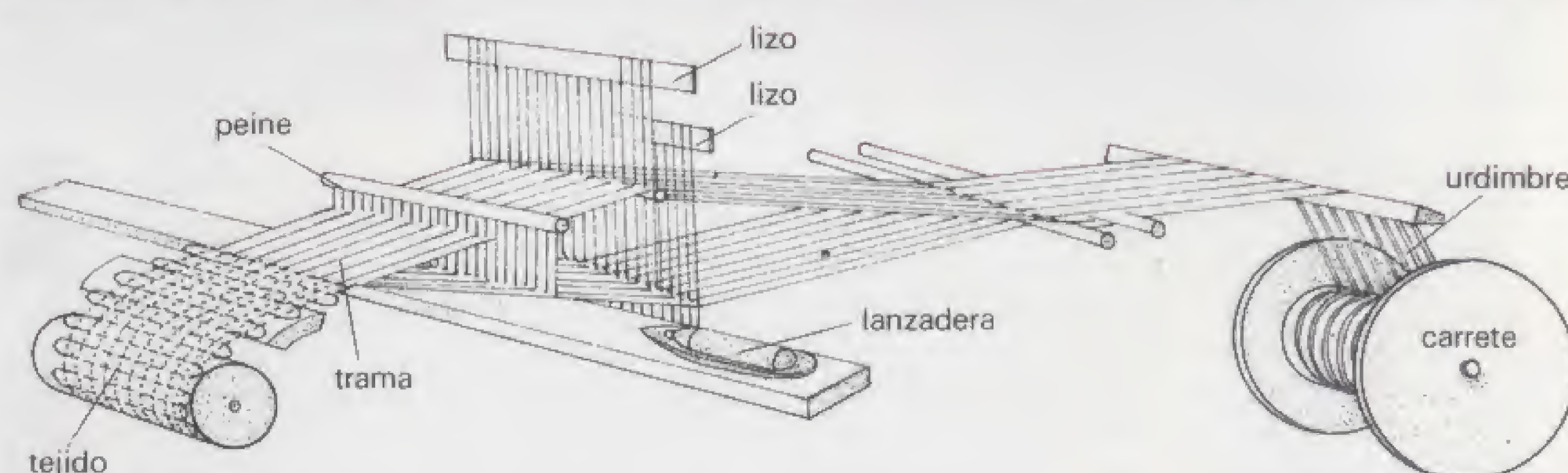




# Tejidos, fabricación de

Los principios básicos de la fabricación de tejidos no han cambiado prácticamente desde el Neolítico, época en la que, según los más recientes descubrimientos arqueológicos, el hombre comenzó a tejer. Estos primeros tejedores utilizaban tallos de hierba o juncos para fabricar cestas y esteras. Probablemente, colocaban las fibras de la urdimbre sobre el suelo, debido a su longitud, y pasaban a mano las fibras de la trama. Con el tiempo, la técnica se perfeccionó y la urdimbre, en lugar de colocarse en el suelo, se colgaba de la rama de un árbol, lo que puede considerarse como el origen de los primeros telares verticales.

**Tejidos de ligamento simple** Los tejidos simples están formados, como ya se ha visto, por una serie de hilos (trama) entrelazados con otra serie de hilos (urdimbre). Estos últimos se suelen denominar *hilos*, y los de trama, *pasadas*. Los ligamentos más sencillos son: el *tafetán*, un hilo encima y otro debajo, tanto en la urdimbre como en la trama; la *sarga*, caracterizada por líneas diagonales en la cara del tejido, y el *raso*. También son simples los tejidos de *esterilla*, aunque en realidad son un derivado del ligamento de tafetán, del que se diferencian en que se ligan grupos de hilos, en vez de un solo hilo. Los tejidos de sarga de 45° se forman por el ligamento de cada hilo de la urdimbre por encima y por debajo de un grupo de pasadas de la trama, y difieren de los tejidos de esterilla en que cada hilo de la urdimbre hace su ligamento avanzando un hilo de trama más que su vecino, de lo que resulta un dibujo en diagonal. Este avance



La fabricación de tejidos tiene por objeto unir los hilos para constituir el tejido. En éste, los hilos están distribuidos en dos órdenes distintos: la longitud

viene dada por los hilos de la urdimbre, y la anchura por las pasadas de la trama. Los hilos de la urdimbre y los de la trama se entretajan según modelos

preestablecidos, llamados ligamentos. Arriba, fase de la fabricación del tejido en la que se reúnen trama y urdimbre. Sobre estas líneas, esquema del

funcionamiento de un telar preparado para tejer con ligamento horizontal o de tafetán; abajo, un telar de madera de varios lizos. En la página siguiente, un telar artesanal.



se denomina *escalonado*, y la diagonal puede ir de derecha a izquierda (sarga S) o de izquierda a derecha (sarga Z).

Tejidos simples característicos en los que la urdimbre o la trama predominan en la cara del tejido son el raso de seda —en el que domina la urdimbre— y el satén de algodón —en el que domina la trama—. Esto se acentúa por una mayor concentración de los hilos de urdimbre o de trama, respectivamente.

Existen, no obstante, dos variaciones del ligamento simple de hilo por encima y por debajo. En la primera variación (ligamento *gasa de vuelta*), algunos hilos de la urdimbre pasan alternativamente a derecha e izquierda de los hilos adyacentes, entre dos ligaduras con la trama. La segunda variación son los ligamentos *de pelo*, como el terciopelo, el velvetón, las panas, alfombras y otros; en éstos existe un ligamento de trama con urdimbre como estructura básica, pero otros hilos sobresalen y quedan formando rizos sobre dicha base estructural. Estos rizos pueden cortarse, formando una especie de manto uniforme, o quedarse sin cortar, como en el caso de las toallas de rizos.

Por otra parte, el ligamento de la trama con la urdimbre puede ser, como es lógico, variado hasta extremos casi ilimitados, permitiendo, entre otros, el efecto de tex-





tura de fondo. Así, por ejemplo, en el tejido de ligamento de panal, ciertos hilos enlazados con más tensión "se hunden" hacia el nivel inferior, y de este modo los hilos ligados más suavemente sobresalen formando dibujos celulares. En otras ocasiones, también se puede producir la textura variando el grosor del hilo.

También es posible conseguir tejidos con un determinado dibujo (barras, cuadros, etc.), combinando dos o más ligamentos en el ligamento final del tejido.

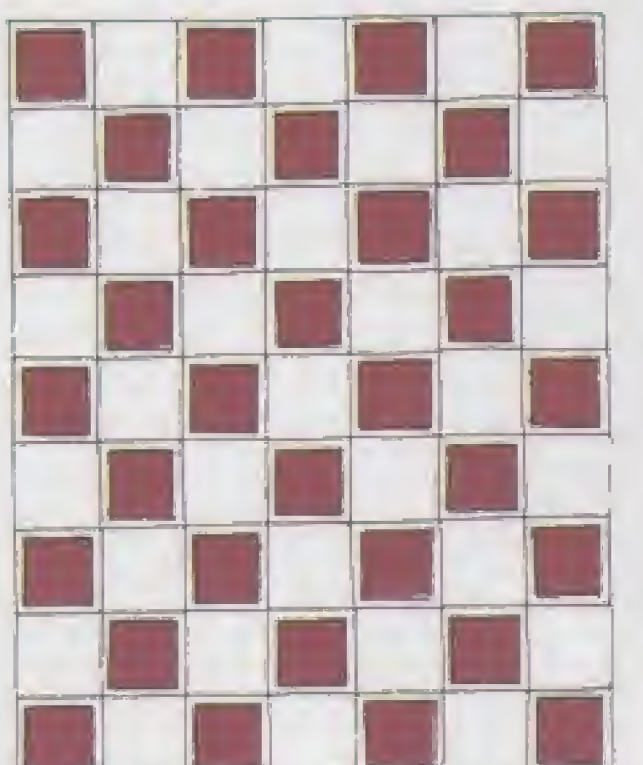
**Textura triaxial** Si el telar Jacquard (que precisa de un solo tejedor en lugar de dos) constituye la primera innovación revolucionaria en el sector textil, y el telar eléctrico, contrapuesto al más lento telar manual, fue la segunda, la fabricación de tejido triaxial debe ser considerada la tercera innovación revolucionaria. Como su propio nombre sugiere, las fibras entreteladas son tres en vez de dos. Esto proporciona al tejido la misma fuerza en todas las direcciones, haciéndolo muy resistente a desgarrones, pesos y golpes.

La textura triaxial fue desarrollada en 1969 por los investigadores textiles que trabajaban en el programa espacial estadounidense. Los tejidos convencionales no eran lo bastante fuertes y ligeros para poder ser utilizados en las cápsulas espaciales que debían regresar a la atmósfera terrestre. La fórmula triaxial suministró la solución al problema, y desde entonces es utilizada también para la fabricación de telas para velamen, tejidos filtrantes, tapicerías y ropa deportiva.

Véase Tejidos; Telar; Telar de Jacquard

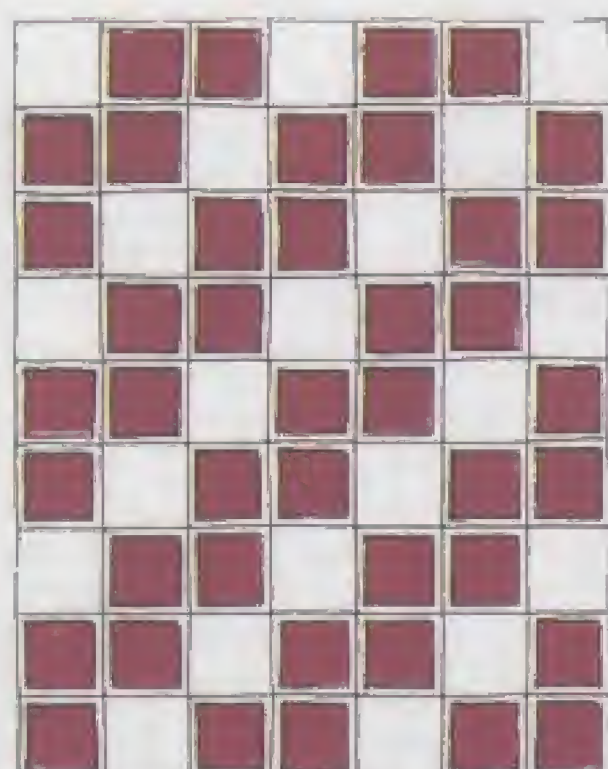
## ALGUNOS PATRONES DE TEJIDO

Para describir sintéticamente las características geométricas de un tejido se recurre a su "puesta en papel", esto es, a la representación gráfica sobre papel cuadriculado de los enlaces que tienen lugar entre los hilos de la urdimbre y de las pasadas de la trama. Los hilos de urdimbre están dispuestos en sentido vertical y los de la trama en sentido horizontal; cada cuadrado sirve para indicar una superposición entre dos hilos: si la trama pasa por encima de la urdimbre, el cuadrado se deja en blanco, si pasa por debajo se pinta de color oscuro. Los tipos fundamentales de entretelaje, denominados ligamento, son tres: el horizontal o tafetán, el diagonal o sarga y el raso. En el primero, el hilo de la trama se pasa por encima y por debajo de cada hilo de la urdimbre; en el diagonal, dos o más hilos de la trama pasan por encima de dos o más hilos de la urdimbre; por último, en el raso, el hilo de la trama pasa por debajo de pocos hilos de la urdimbre. Junto a estas líneas, representación del tejido de tafetán u horizontal y de sarga o diagonal, y esquemas de los correspondientes entrelazados. Más a la derecha, muestras de tejidos a dos colores.



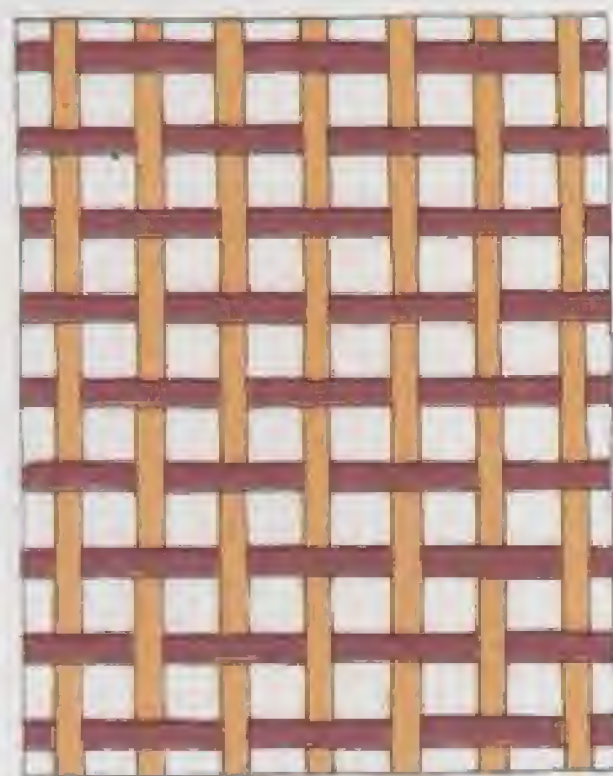
ligamento horizontal (tafetán)

— urdimbre  
— trama

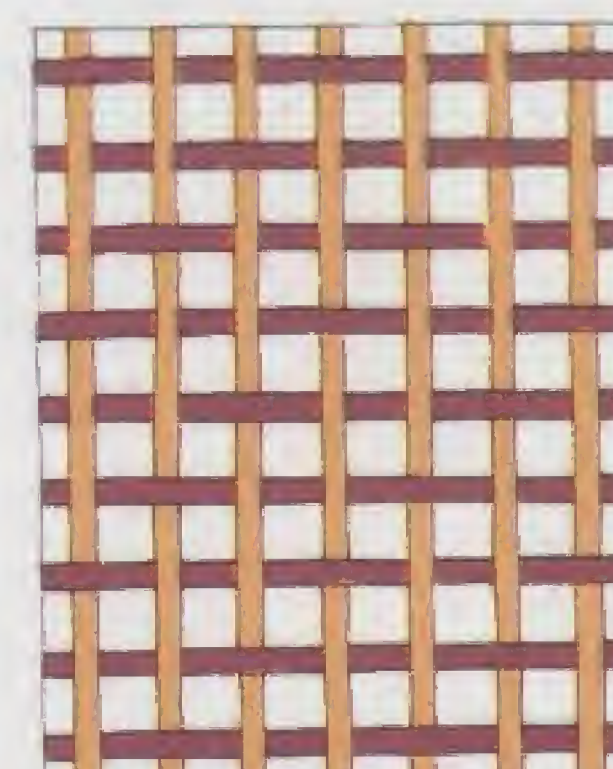


ligamento diagonal (sarga)

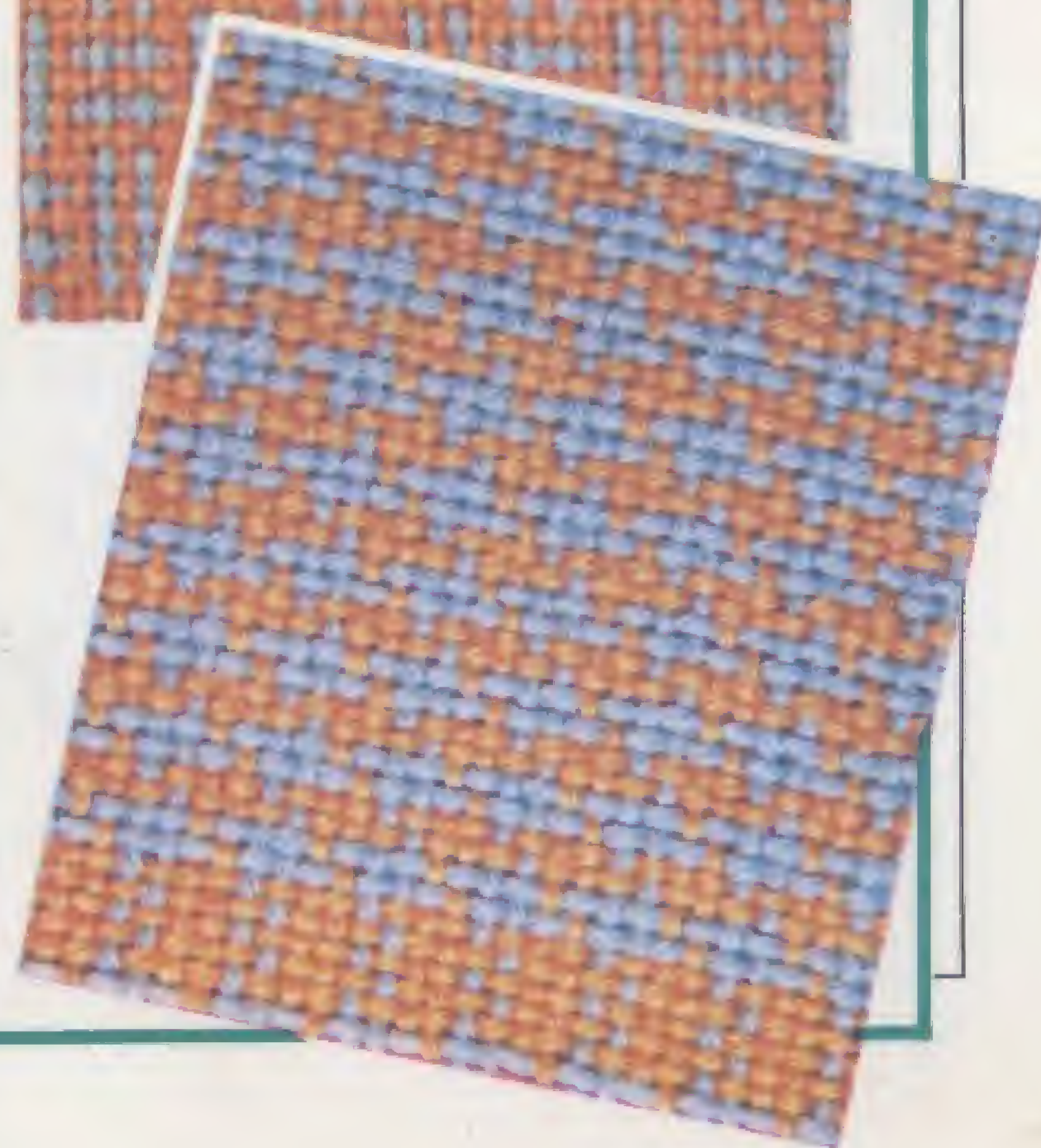
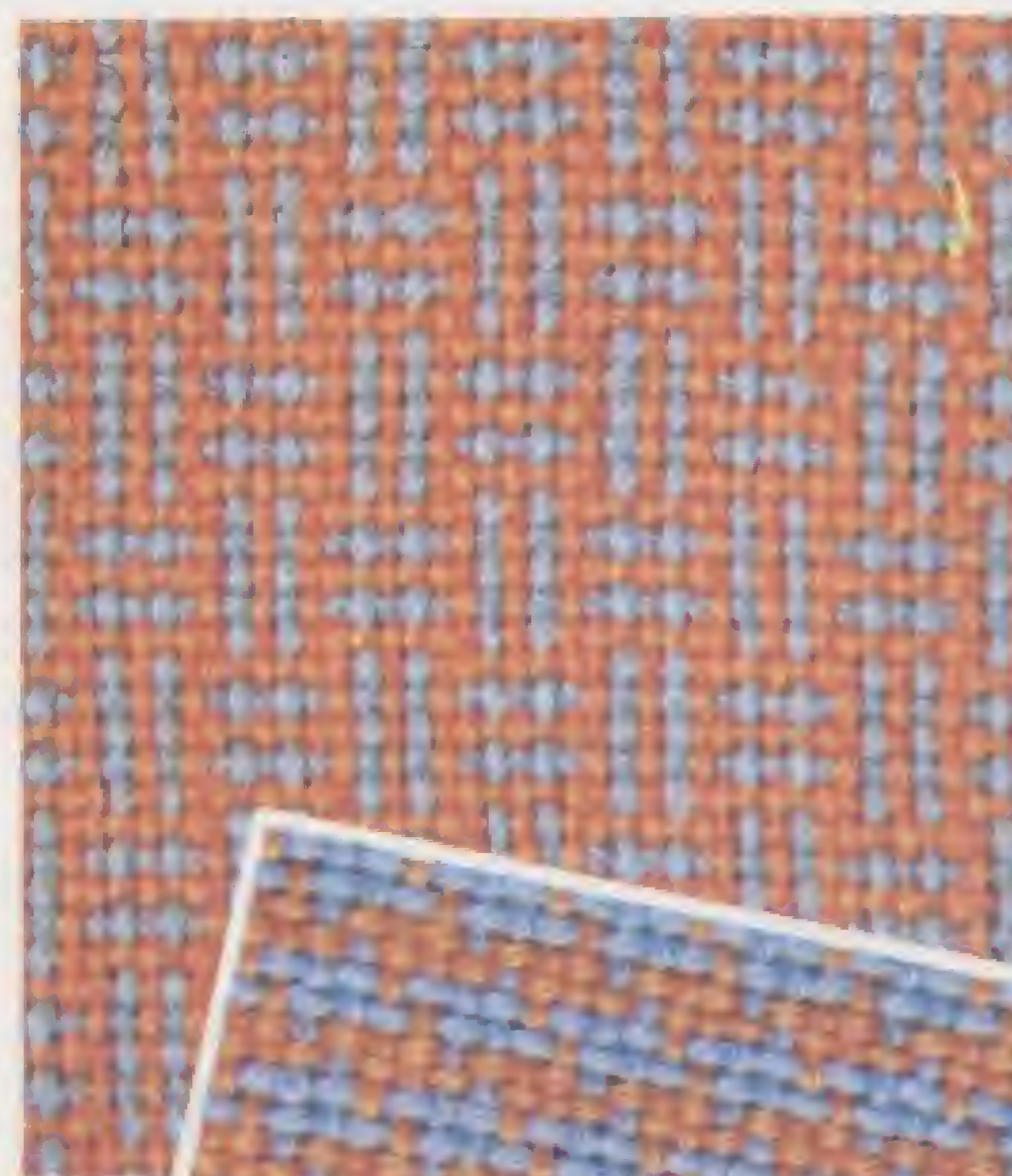
— urdimbre  
— trama



— urdimbre  
— trama



— urdimbre  
— trama





# Tejidos biológicos

**T**odos sabemos que los organismos animales y las plantas pluricelulares están formados por numerosos tejidos, es decir, asociaciones de células con estructuras y funciones similares, dispuestas en capas o grupos diferenciados.

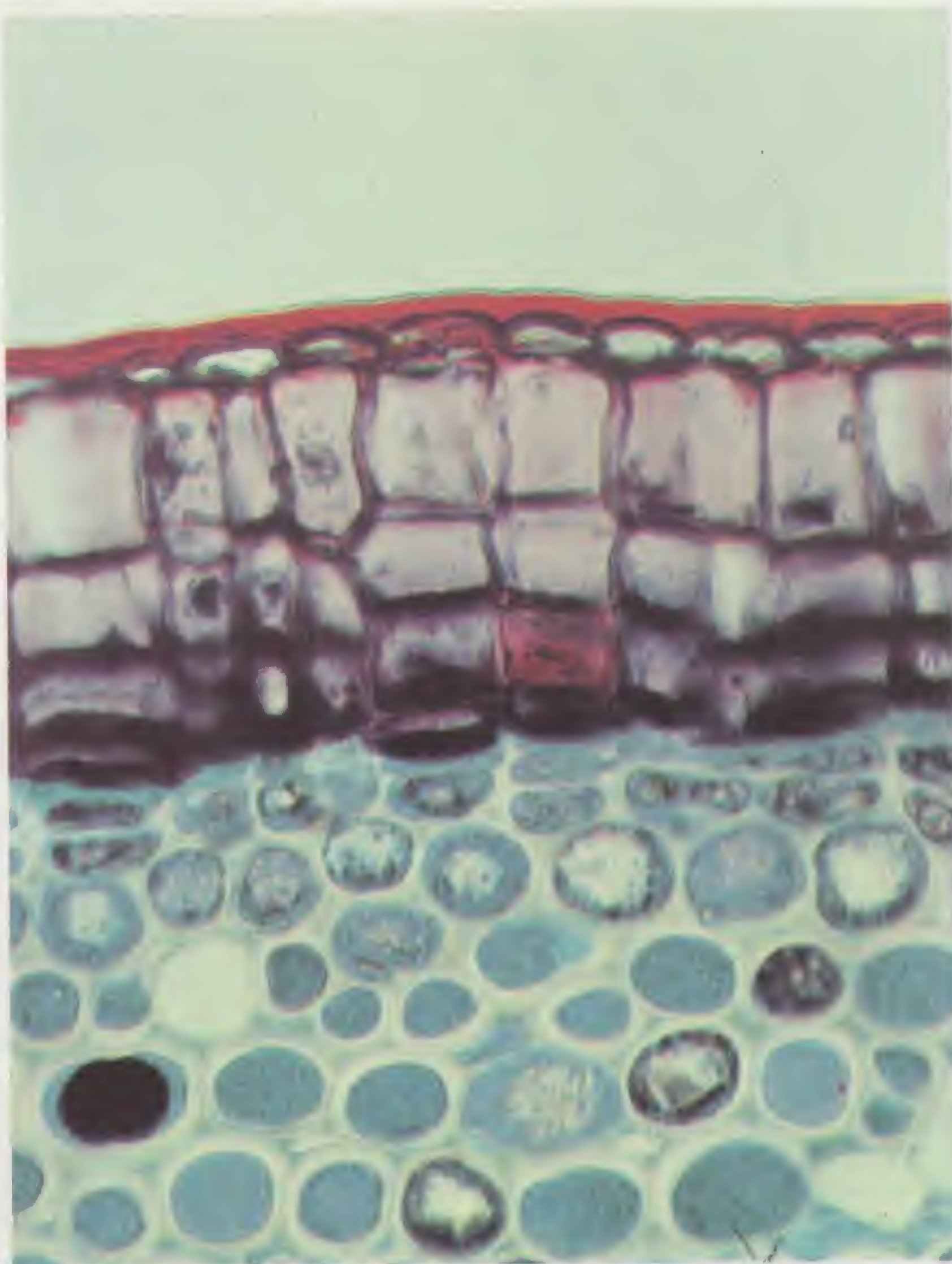
Según sus distintas funciones, los tejidos se pueden clasificar en: tejidos de revestimiento (epitelios y tegumentos), tejidos de crecimiento (meristemos de las plantas), de sostén, conjuntivos, conductores (plantas) y circulatorios (animales), así como contráctiles y nerviosos (animales). En las plantas también existen tejidos parenquimáticos o fundamentales, especializados en determinadas funciones, así como los secretores, que segregan distintas sustancias cuya función aún no se conoce con exactitud.

**Tejidos de revestimiento** En general, tienen la función de proteger el organismo del ambiente exterior, permitiendo al mismo tiempo los intercambios gaseosos y materiales; por este motivo, revisten toda la superficie externa de las plantas y animales, aunque en estos últimos también aparecen protegiendo los órganos internos. La *epidermis* es un tejido tegumentario que en las plantas menos evolucionadas permanece durante toda su vida, mientras que en las plantas superiores es sustituida por el corcho. En cualquier caso, está formada por una sola capa de células, adosadas unas a otras, sin espacios intercelulares. En cambio, el corcho es pluriestratificado y presenta importantes modificaciones de las paredes celulares.

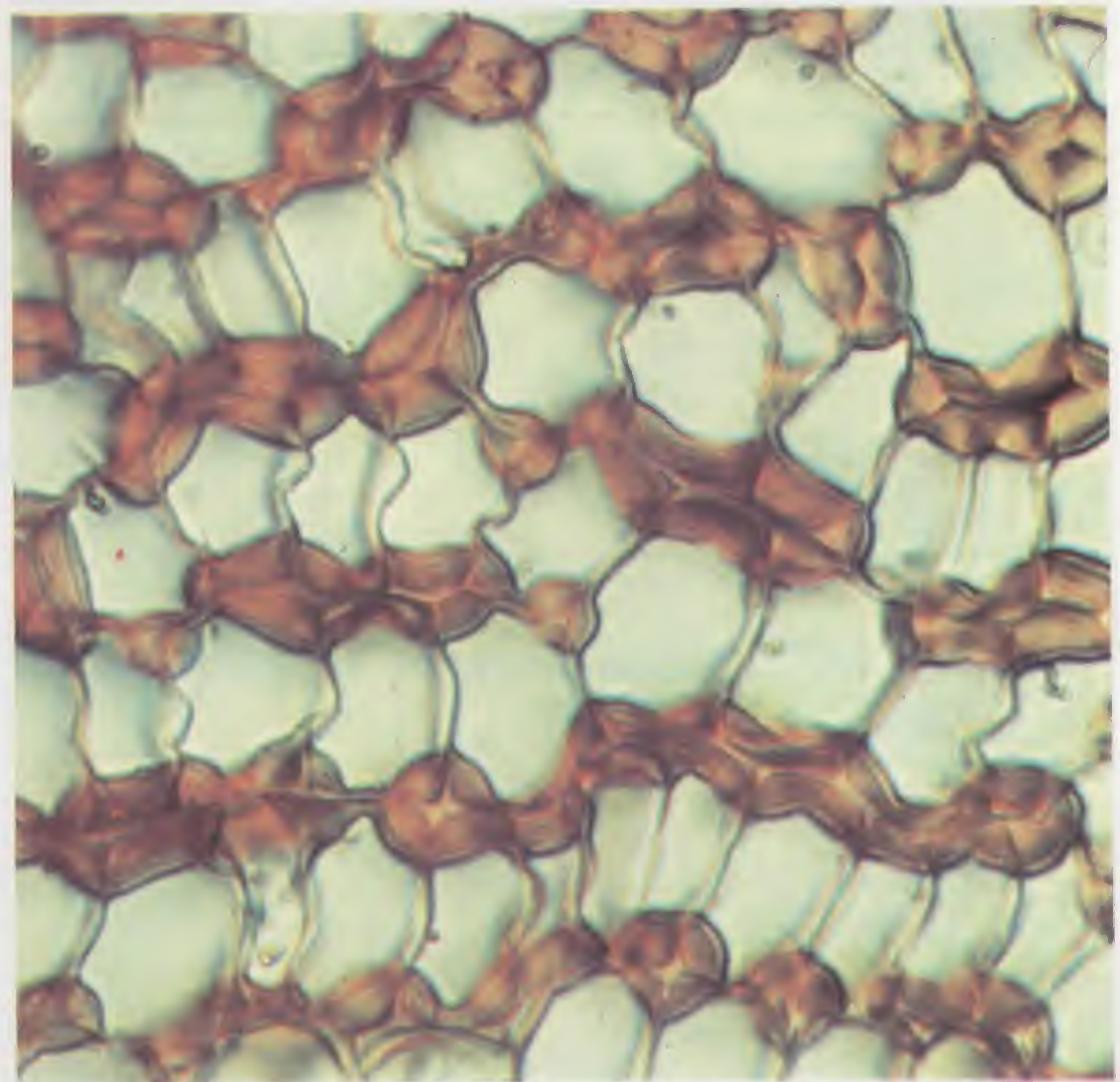
El tejido epitelial animal está formado por células de diversas formas, siempre en estrecho contacto entre sí y cimentadas por sustancias intercelulares que les confieren una gran resistencia. Los epitelios de revestimiento de las superficies internas (por ejemplo, el del tubo digestivo) están especializados para desempeñar funciones complejas, como son la secreción de ciertas sustancias, la absorción y la excreción del alimento. Las glándulas también están formadas por tejido epitelial. Las células de los epitelios animales tienen formas cúbicas, cilíndricas, aplanadas o redondeadas, según sean sus funciones, y pueden estar situadas en una sola capa (como es el caso del epitelio que reviste los vasos sanguíneos) o en varias capas, como en el caso de la piel de los mamíferos.

**Tejidos de sostén y conjuntivos** La mayoría de las plantas tiene tejidos de sostén, encargados de soportar el peso de la planta, la fuerza del viento, etcétera.

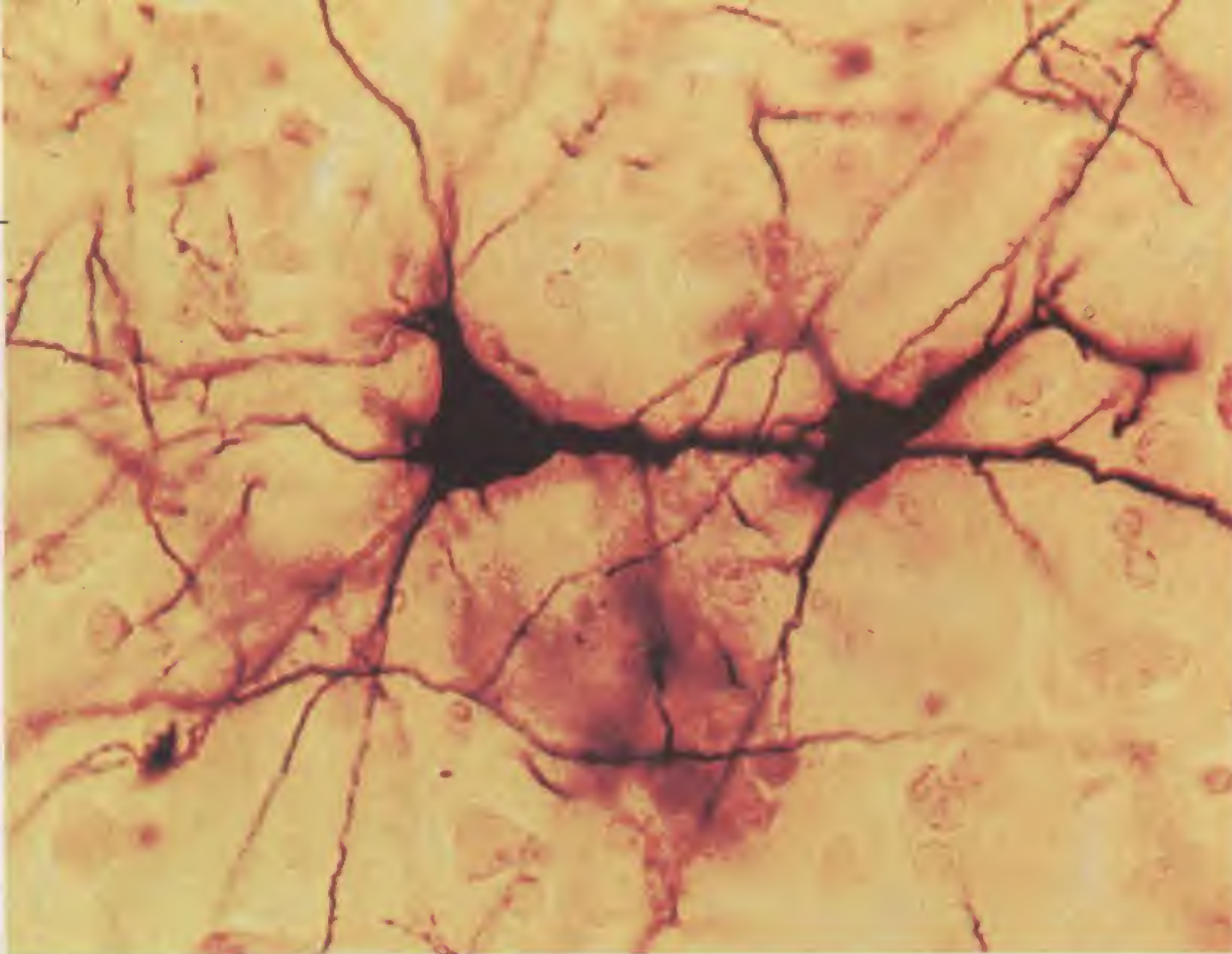
Hay dos tipos de tejidos de sostén: uno muy elástico y flexible, que permite el crecimiento de la planta y no contiene lignina (un compuesto que se deposita en las paredes de las células y que les confiere rigidez y espesor); en el otro, en cambio, las paredes de sus células están completamente lignificadas. Se encuentra en la parte de la planta que ha finalizado su crecimiento.



Las plantas están dotadas, en los puntos de mayor esfuerzo, de elementos que sirven para contrarrestar las tensiones a las que se ven sometidas: estos elementos de resistencia están formados por tejidos mecánicos o de sostén, como el corcho y los colénquimas, por ejemplo. A la izquierda, sección de un tallo joven de chopo. Se distingue claramente la epidermis, una capa protectora formada por un solo estrato celular. Por debajo, una capa suberificada, formada por tres filas de células, generada por el cambium suberofloedérmico subyacente, que contribuye al crecimiento en espesor de la planta. Bajo estas líneas, sección de colénquima, un tejido mecánico que asegura la resistencia de la planta al plegamiento sin obstaculizar el crecimiento. En efecto, sus células están vivas, tienen pared celulósica y el engrosamiento de la misma está limitado a algunas zonas más o menos extensas. En este caso se trata de colénquima laminar.





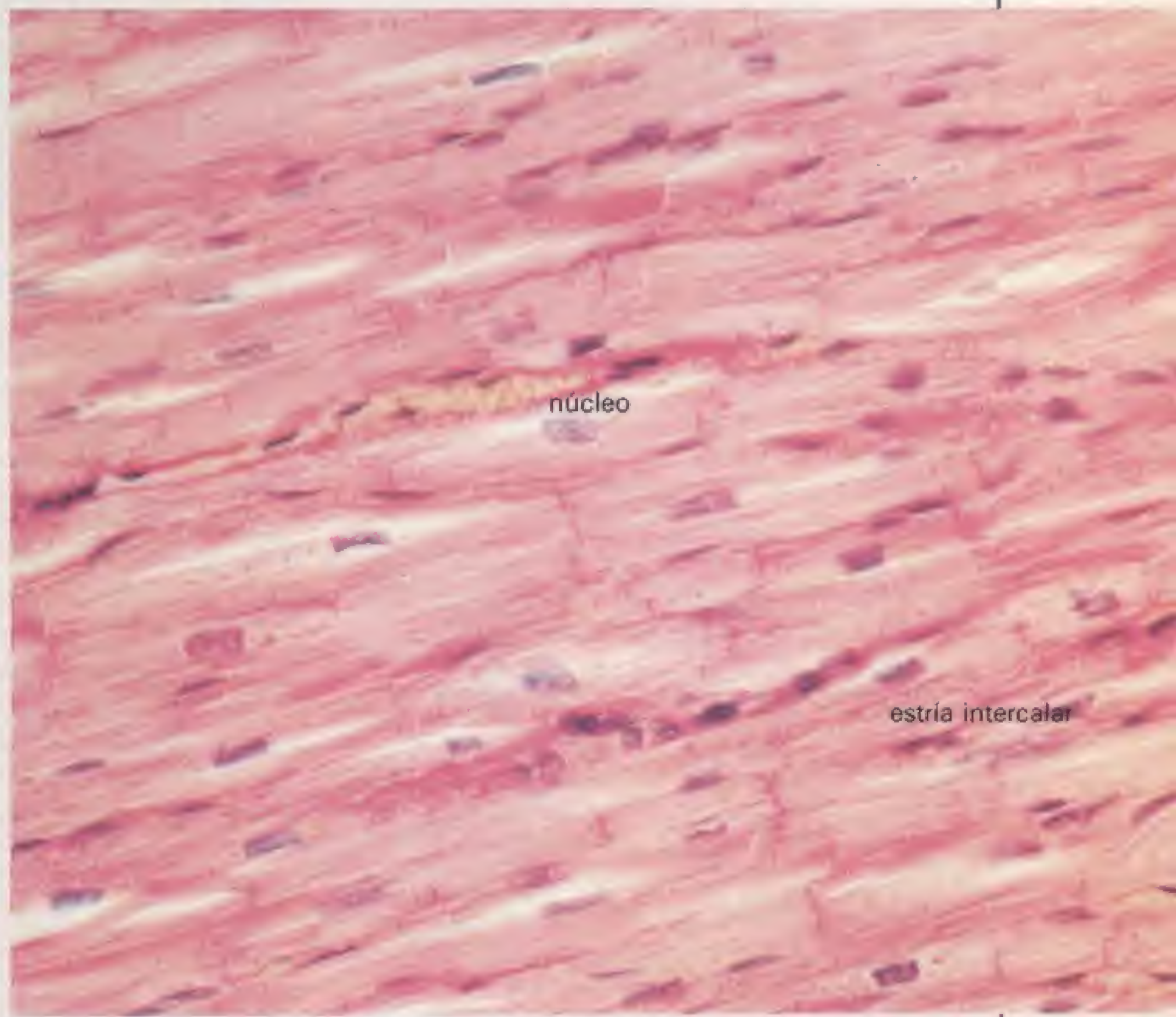
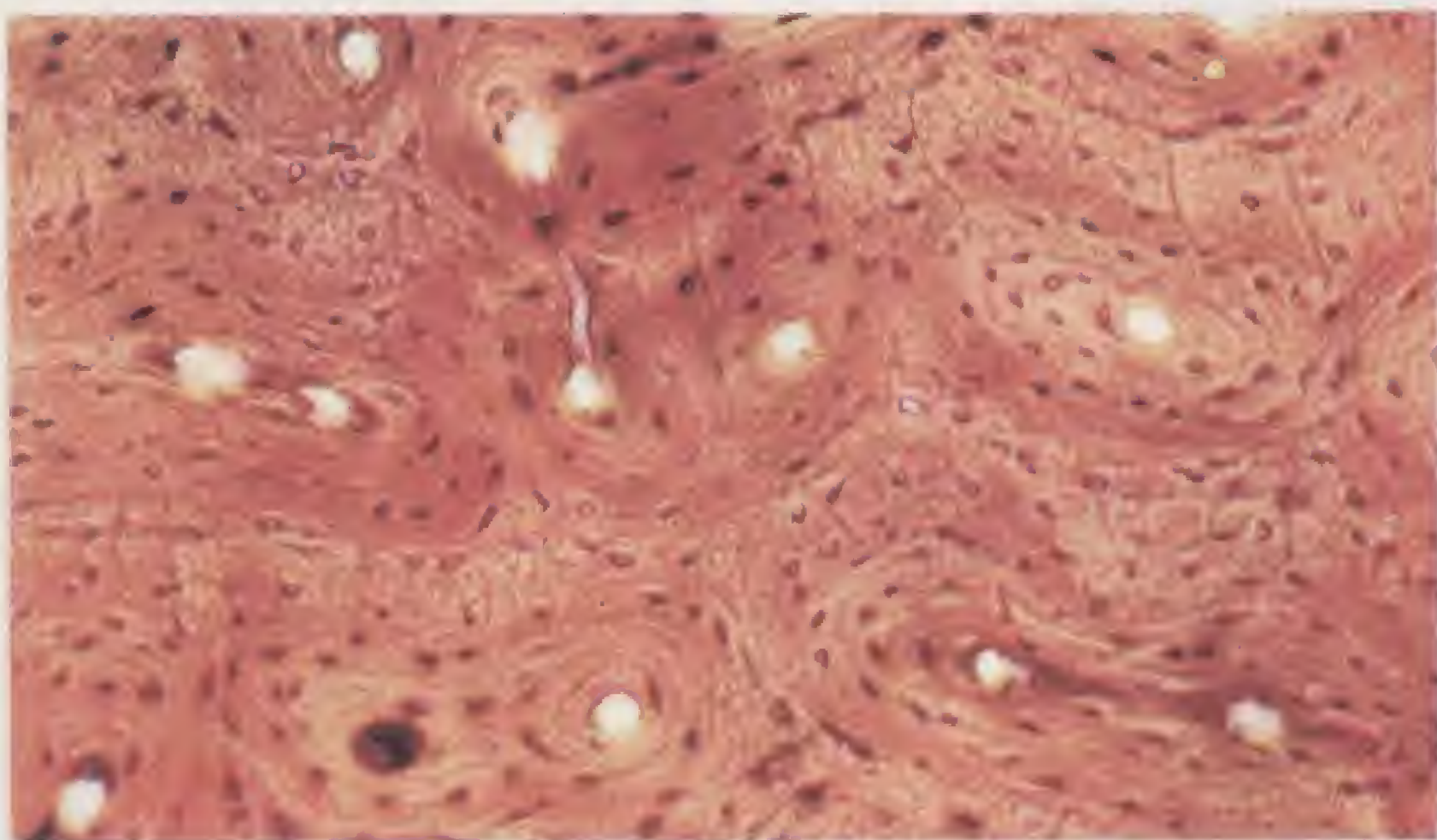


mas nerviosos de los animales, y también dentro de cada sistema nervioso en particular. Sin embargo, siempre presentan un cuerpo celular con dos o más prolongaciones. A través de estas últimas se transmiten los impulsos nerviosos hasta alcanzar los órganos interesados. Las prolongaciones pueden alcanzar dimensiones de hasta un metro de longitud, como es el caso de las neuronas motoras de la especie humana.

Las diferencias de forma y función entre los diversos tejidos biológicos derivan de procesos evolutivos iniciados cuando las primeras algas y los primeros protozoos dieron lugar a formas más complejas, formadas por varias células; entonces se hizo necesario diferenciar los distintos sectores del cuerpo animal y vegetal, según las funciones de cada uno de ellos. A cada función le corresponde una estruc-

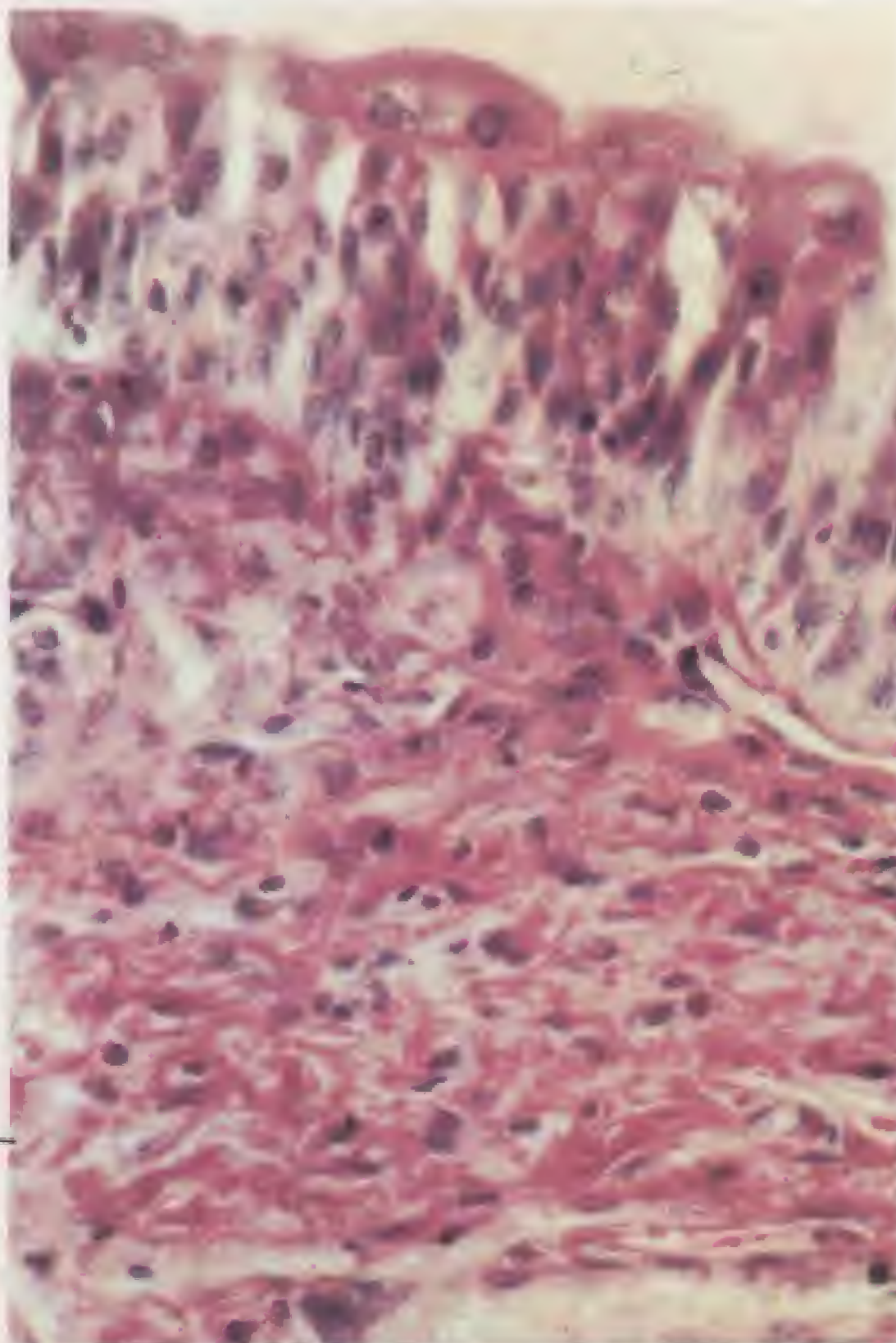
En los animales también hay tejidos conjuntivos y de sostén, caracterizados por contener pocas células y de forma variable. Estas, por lo general, presentan prolongaciones y gran cantidad de fibras y sustancias intercelulares. La función de dichos tejidos es sostener el organismo y unir entre sí otros tejidos y órganos. El cartílago, el tejido adiposo y el tejido óseo (que sólo se encuentra en los vertebrados terrestres y en los peces óseos) son algunos ejemplos de este tipo de tejidos.

Arriba, tejido nervioso. Bajo estas líneas, sección de tejido óseo compacto (laminillas concéntricas y adosadas). A la derecha, tejido muscular cardíaco, y abajo, sección del epitelio de revestimiento que recubre la superficie del cuerpo y la de las cavidades internas que comunican con el exterior.



**Tejido contráctil y nervioso** Ambos son típicos del reino animal. El tejido contráctil o muscular posee unas proteínas específicas que hacen posible el movimiento. Se encuentra presente en todos los animales, desde las formas más simples (protozoos) hasta los mamíferos, incluido el hombre. Están organizados según estructuras fibrilares, más o menos finas, de ámbito celular; a su vez, las células musculares asumen formas alargadas en la mayor parte de los tejidos animales. La contracción de las fibras y su relajación, que son una respuesta a los estímulos exteriores, son los mecanismos básicos del movimiento. Puede haber distintos tipos de tejido muscular: liso, estriado, cardíaco, etc., según la disposición de las fibras y según las estructuras moleculares de éstas.

Las células del tejido nervioso están muy diferenciadas en los distintos siste-



tura distinta, es decir, un sistema distinto de relaciones intercelulares. El estudio de los tejidos biológicos, en la actualidad, tiene en cuenta todos los aspectos de su diferenciación. Mediante el cultivo de células *in vitro* se pueden valorar sus funciones; mediante análisis químicos, observación al microscopio electrónico y medición de las actividades, se pueden conocer sus estructuras; por último, mediante la observación al microscopio óptico y la valoración de la anatomía microscópica de los tejidos se puede realizar una detallada descripción de los mismos. Se obtiene así una imagen completa de la naturaleza de los tejidos, que tiene en cuenta sus distintos niveles de especialización.

Véase **Célula; Histología**



# Telar

Un telar consiste en un dispositivo en el que un grupo de hilos paralelos, la *urdimbre*, se mantiene tenso, mientras que un segundo grupo de ellos, la *trama*, va quedando entrelazado con el primero. Algunos arqueólogos opinan que el precursor del telar bien pudiera haber sido una simple rama de árbol. Los antiguos tejedores, en efecto, suspendían verticalmente los hilos y los entretejían transversalmente (en "trama" o en "relleno") a mano. Por lo que sabemos al respecto, los primeros telares eran verticales, y ya eran usados por los chinos hace unos 4.000 años. De las representaciones que aparecen en las vasijas griegas se deduce que los telares horizontales ya se empleaban en Grecia en el año 600 a. de C.; también de las imágenes de los tapices precolombinos de América del Sur se desprende que los indígenas americanos los usaban ya en el 400 a. de C. En su forma más simple, el telar sólo consiste en un par de cilindros de madera, paralelos y horizontales, situados a determinada distancia uno de otro y sujetos en sus extremos por unas estacas que se clavan en el suelo: entre ambos se tensan los hilos de la urdimbre. Uno de los problemas más importantes que se planteaba el hombre primitivo era cómo sortear con rapidez los hilos de la trama a través de los hilos de la urdimbre. El problema se resolvió con la invención del *lizo*, un dispositivo que sube y baja los hilos de la urdimbre para dar paso a la lanzadera, y que revolucionó el antiguo método de fabricación del tejido. El lizo se fabrica hoy con hilos de acero, mientras que antiguamente debían utilizarse listones de madera, probablemente, dentados.

**Telares manuales** En nuestros días, los telares manuales siguen aún siendo utilizados por algunos artesanos. Aunque los actuales telares manuales horizontales sean mucho más sofisticados que los usados en la antigüedad, los principios y movimientos básicos de la fabricación del tejido continúan siendo esencialmente los mismos. Después de que los hilos de la urdimbre han sido preparados, y los extremos atados a los plegadores horizontales, el tejedor pone en movimiento el lizo, bien por medio de un árbol acodado a manivela, o bien mediante un pedal. Después el tejedor pasa la lanzadera, que es un dispositivo de forma parecida a un barquichuelo, en cuyo interior se halla la *canilla* que suministra la trama, a través del espacio entre las dos series de hilos (*calada*). Cuando la lanzadera ha llegado al final de

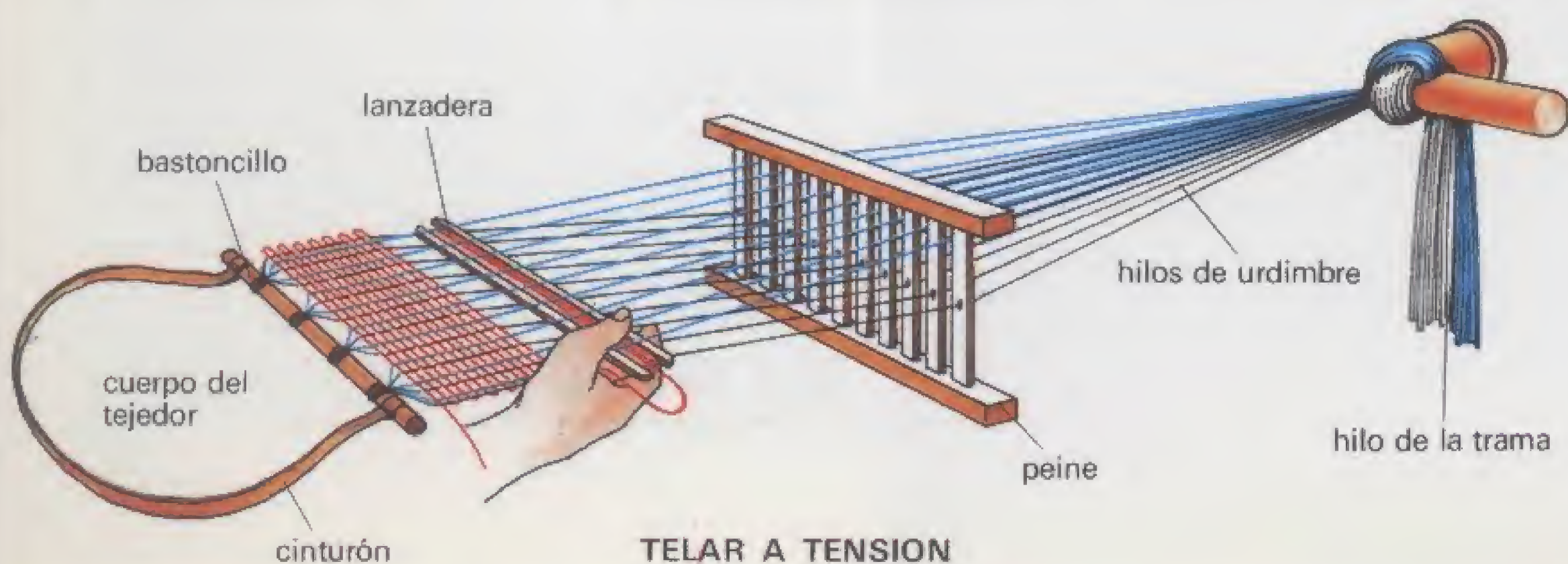


su recorrido, la trama que ha dejado tras de sí es empujada hacia el tejido por el *peine*. El *enjulio*, un cilindro de madera o de metal que, al girar, va enrollando la urdimbre o el tejido fabricado, permite al tejedor mantener siempre la misma posición y trabajar sobre una sección continua de la urdimbre.

En 1760, el empresario textil inglés Robert Kays inventó el *telar de caja a gota*, que tiene numerosas bobinas, en lugar de una sola, contenidas en lanzaderas individuales que el tejedor puede usar por separado. Esto no sólo acelera en, aproximadamente, diez veces el proceso de fabricación del tejido, sino que aumenta el número y la diversidad de dibujos que se pueden llevar a cabo en el telar. El francés J. M. Jacquard fabricó el primer telar automático en 1801. En ese telar, los dibujos para la fabricación del tejido son codificados en tarjetas metálicas perforadas, que son unidas una a la otra según el orden en el que aparecen en el diseño, y se introducen en el telar ya sea manual o mecánicamente. Cada tarjeta es presionada contra una serie de agujas fijadas a un bastidor, que tienen ojales en los que se in-

Los primeros telares contruidos por el hombre eran verticales, adaptables a las paredes de las cabañas. Estaban formados por dos pilares verticales de madera plantados en el terreno y unidos en su extremo superior por una barra, o plegador, de madera donde eran anudados los hilos de la urdimbre. Al final de esos hilos, con objeto de que permaneciesen bien extendidos, se colgaban piedras. Este

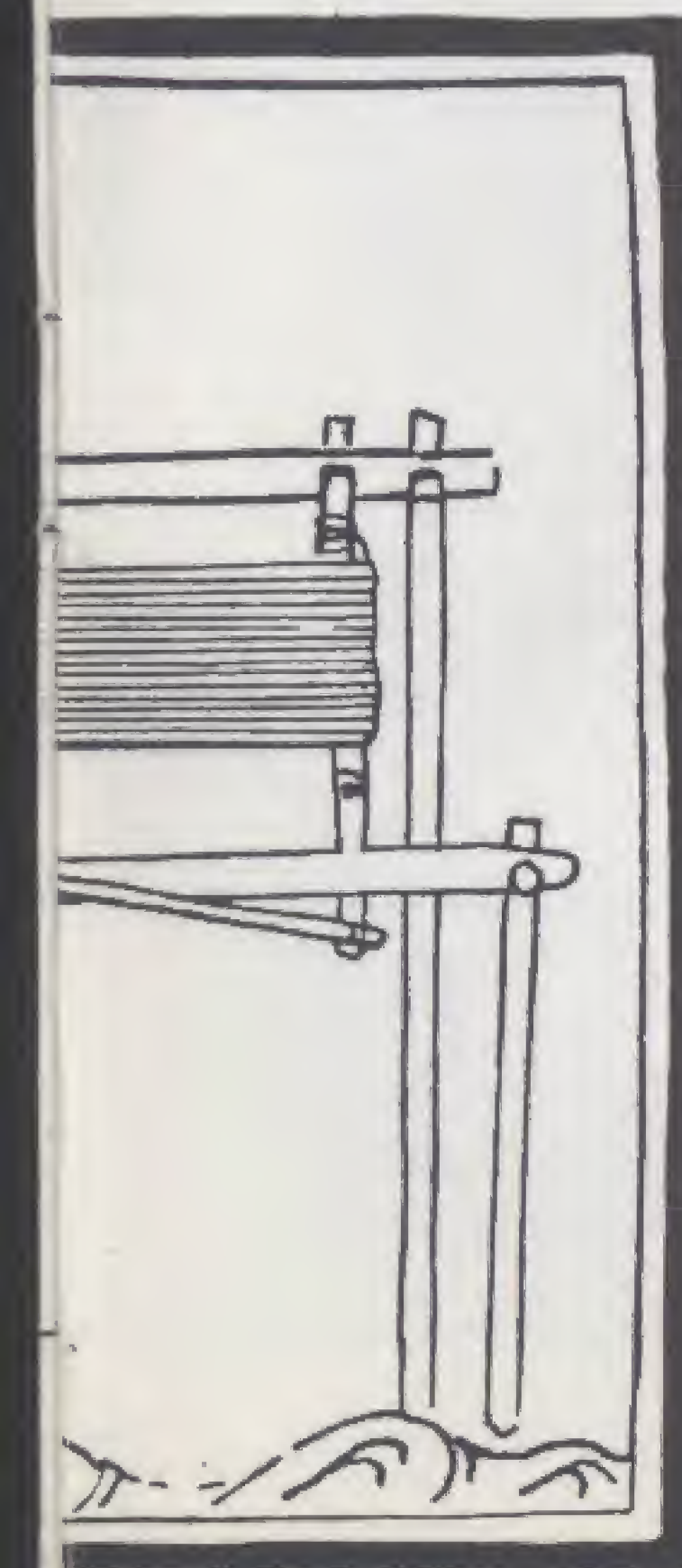
rudimentario tipo de telar, aunque pronto fue mejorado y perfeccionado, mantuvo durante siglos la forma original del telar vertical. Los primeros telares horizontales aparecieron en Egipto y seguidamente en Grecia, mientras que en Europa no fue hasta mucho más tarde, en la Edad Media, cuando hizo su aparición el telar horizontal "a tensión". Arriba, telar vertical, todavía empleado por algunas







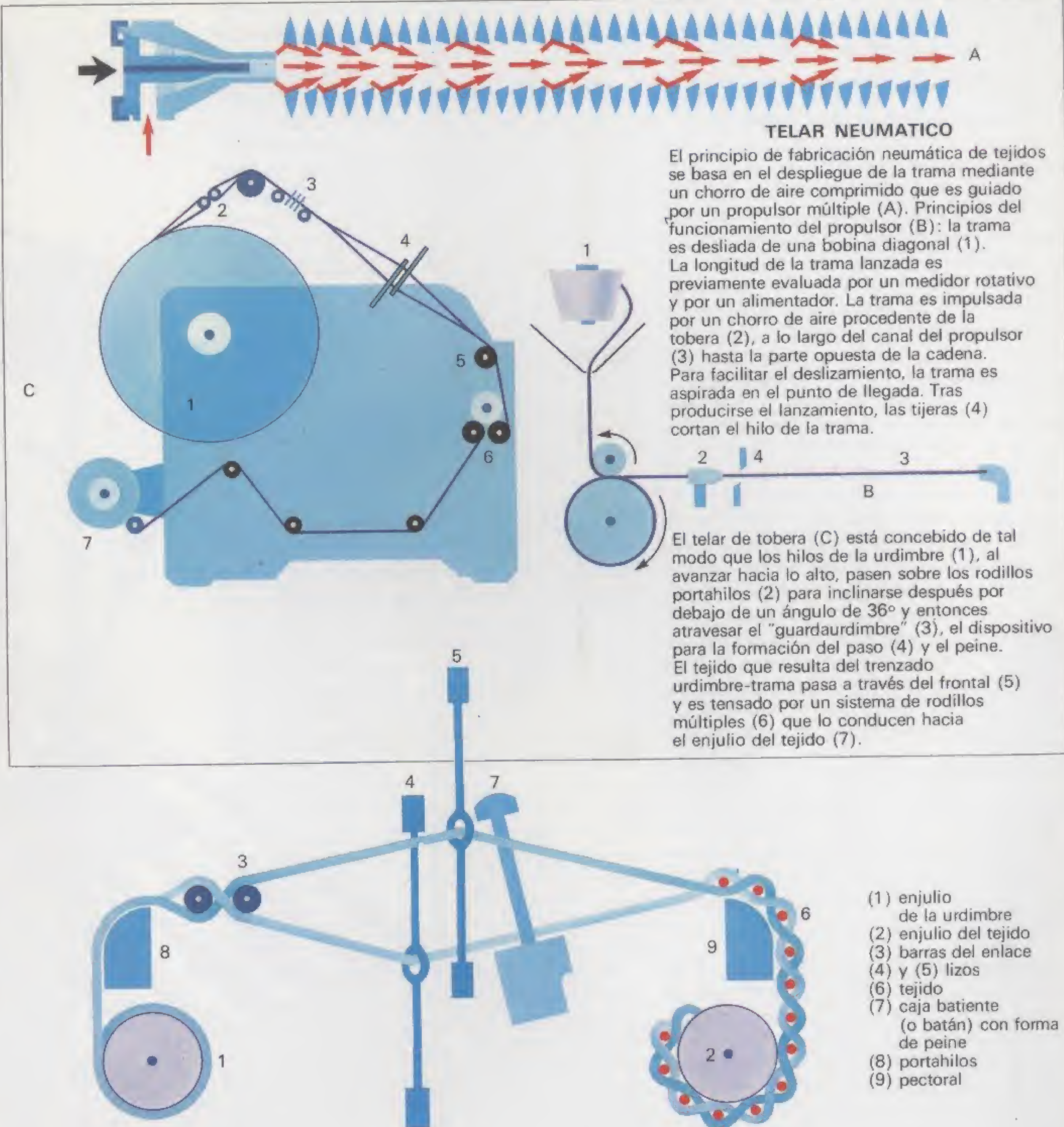
tribus de Asia. Abajo, grabado del año 1200, que representa un hombre que teje con un telar horizontal. También abajo, a la izquierda, representación esquemática de un telar "a tensión" que, mediante un cinto, se sujeta al propio cuerpo del tejedor. A la derecha de estas líneas, sección de un telar de lizos. El lizo es un dispositivo que sube y baja determinados hilos de la urdimbre para dar



paso a la lanzadera. Cada hilo individual de la urdimbre pasa sólo a través del ojal de una de las mallas de un lizo dado. Elevando dicho lizo se elevan todos los hilos que pasan por su malla respectiva. Se pueden, de este modo, separar los hilos de la urdimbre elevando uno o más lizos y permitiendo, así, la sucesiva apertura de las distintas caladas. La caja batiente (o batán) cumple las funciones del peine, es decir, mantener espaciados regularmente los hilos de la urdimbre y aproximar o chocar las tramas al tejido a medida que vayan siendo insertadas por la lanzadera.

roducen los ganchillos sostenidos a su vez por otro bastidor que tiene los hilos de la urdimbre. Cuando el gancho encuentra un orificio en la tarjeta, pasa a través suyo hasta recoger el hilo urdido e impulsarlo a través de la trama del tejido.

**Telares mecánicos** Actualmente, la mayor parte de la fabricación industrial de tejidos se realiza mediante telares mecánicos. Entre éstos, el más difundido es el telar plano, que se emplea para la fabricación de los tejidos de tinte unificado. Está equipado de una canilla espoleta que es rellena automáticamente por una bobina envolvente, mientras que la fuerza motriz es suministrada por componentes rodantes o deslizantes denominados excéntricos. Para los tejidos que requieren de cuatro a ocho colores y para los tejidos con dibujo a cuadros o a rayas se utiliza el telar de caja.



El telar más moderno de uso en nuestros días es el telar sin lanzadera, elaborado a finales de los años cuarenta. Los hilos de la malla son insertados por conos de envolvimiento y guiados a través de la urdimbre, bien mediante instrumentos similares a largas agujas, llamadas espadas, como en el caso del algodón y el rayón, o bien mediante sutiles chorros de agua de gran potencia. Este segundo método sólo es utilizable con aquellos tejidos que el agua no daña; a pesar de todo es muy ventajoso, puesto que los chorros de agua permiten tejer unas 600 vueltas por minuto. Los telares a espada, por el contrario, tejen unas 300 vueltas por minuto, pero son más versátiles en cuanto que pueden ser utilizados para realizar todo tipo de tejido. En los telares neumáticos, finalmente, el despliegue de la trama se realiza mediante chorros de aire.

Véase Tejidos, fabricación de; Telar de Jacquard



# Telar de Jacquard

**E**l telar Jacquard, perfeccionado por el francés Joseph Marie Jacquard en 1801, ha constituido un elemento base en la última etapa significativa de la automatización de la industria textil, antes de que en ésta irrumpieran las competitivas técnicas por ordenador. Programando una serie de tarjetas perforadas, que podían ser introducidas sin interrupción en el telar, el sistema Jacquard permitía a un tejedor relativamente inexperto reproducir los modelos anteriormente elaborados por los maestros tejedores. Ello acrecentó enormemente la capacidad productiva de los telares así como la calidad de los tejidos, haciendo posible realidades como la fabricación en serie.

Si este telar revolucionó la industria textil, la utilización de tarjetas perforadas para comunicar instrucciones a una máquina influyó profundamente en el posterior desarrollo de las modernas calculadoras y de los sistemas de procesamiento de datos. Charles Babbage, considerado como un pionero en la concepción y construcción de la calculadora, se inspiró en las tarjetas perforadas de Jacquard con el propósito de crear una máquina calculadora con capacidad de "tejer" ecuaciones de complejidad similar a la alcanzada por el telar de Jacquard.

Hermann Hollerith, el fundador de la empresa que posteriormente se convertiría en la IBM, utilizaba para su sistema de cálculo tarjetas perforadas similares a las utilizadas por Jacquard; tarjetas de tipo análogo son todavía utilizadas como medio de introducción de datos en los grandes ordenadores de IBM y de otras grandes compañías.

**Los principios del telar Jacquard** El telar Jacquard fue construido de acuerdo con los principios del antiguo arte de tejer, que se habían mantenido prácticamente inalterados desde la antigüedad hasta principios del siglo XVII. En el tejido, una serie de hilos en sentido longitudinal (la urdimbre) son entrelazados con una red horizontal de hebras (la trama). A partir del año 1600, una serie de nuevas invenciones permitían a los tejedores desplegar, simultáneamente, varios hilos de la trama a través de la urdimbre, y alrededor de 1770, el francés A. E. Vaucanson construyó un telar que permitía una fabricación a escala todavía mayor. La máquina de Vaucanson estaba constituida por un cilindro con numerosos orificios pequeños que, al girar, presionaban contra unas agujas fijadas a unos ganchos, que a su vez se movían hacia arriba y hacia abajo, arrastrando ciertos hilos de la urdimbre, según el motivo descrito en las perforaciones del cilindro.

El dispositivo de Vaucanson representó un importante paso adelante, aunque, sin embargo, no permitía todavía un proceso de fabricación continuo del tejido. Muchas telas estaban compuestas por centenares de motivos muy pequeños, cuya elaboración requería muchos cilindros, cada uno de los cuales disponía de

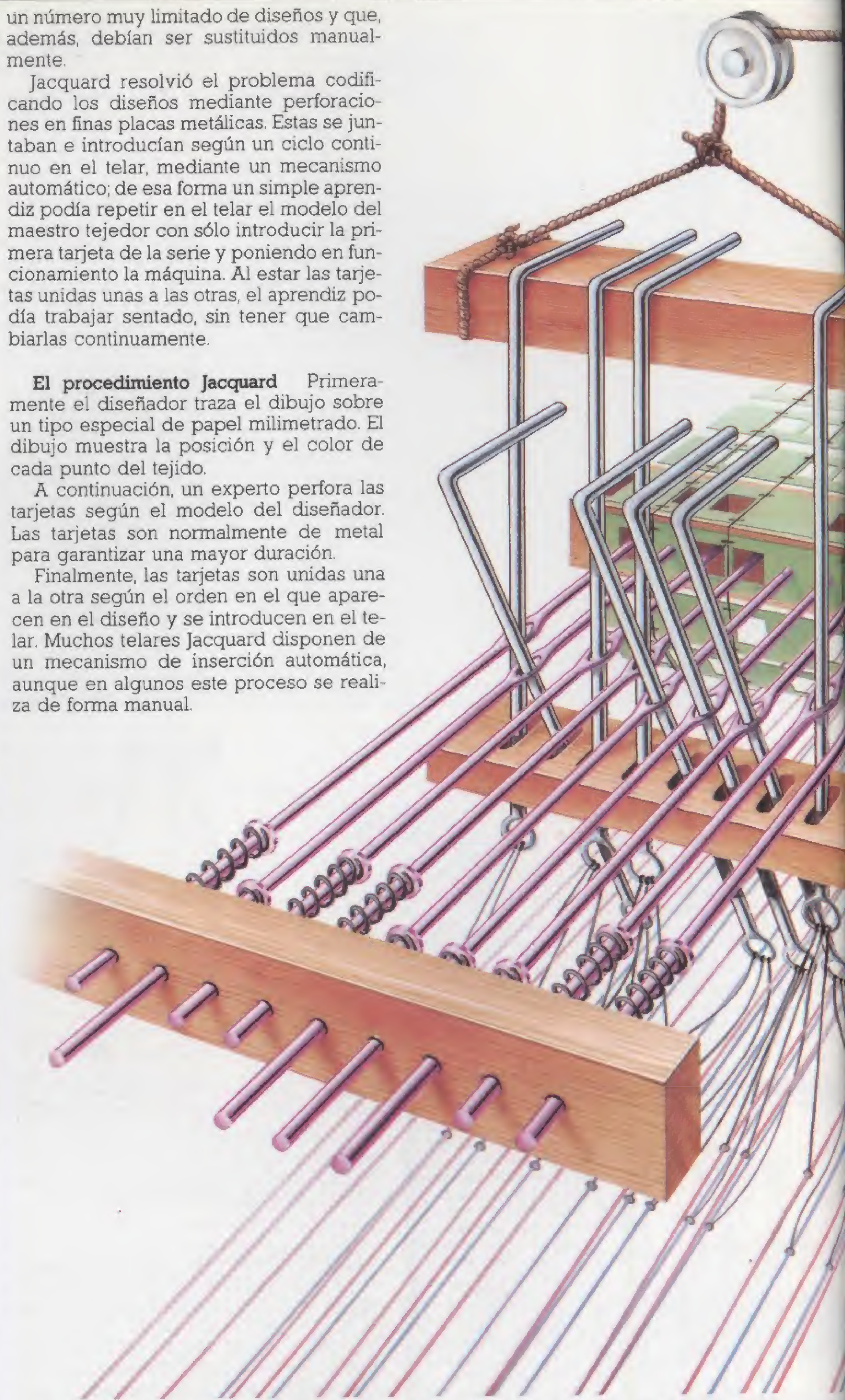
un número muy limitado de diseños y que, además, debían ser sustituidos manualmente.

Jacquard resolvió el problema codificando los diseños mediante perforaciones en finas placas metálicas. Estas se juntaban e introducían según un ciclo continuo en el telar, mediante un mecanismo automático; de esa forma un simple aprendiz podía repetir en el telar el modelo del maestro tejedor con sólo introducir la primera tarjeta de la serie y poniendo en funcionamiento la máquina. Al estar las tarjetas unidas unas a las otras, el aprendiz podía trabajar sentado, sin tener que cambiarlas continuamente.

**El procedimiento Jacquard** Primeramente el diseñador traza el dibujo sobre un tipo especial de papel milimetrado. El dibujo muestra la posición y el color de cada punto del tejido.

A continuación, un experto perfora las tarjetas según el modelo del diseñador. Las tarjetas son normalmente de metal para garantizar una mayor duración.

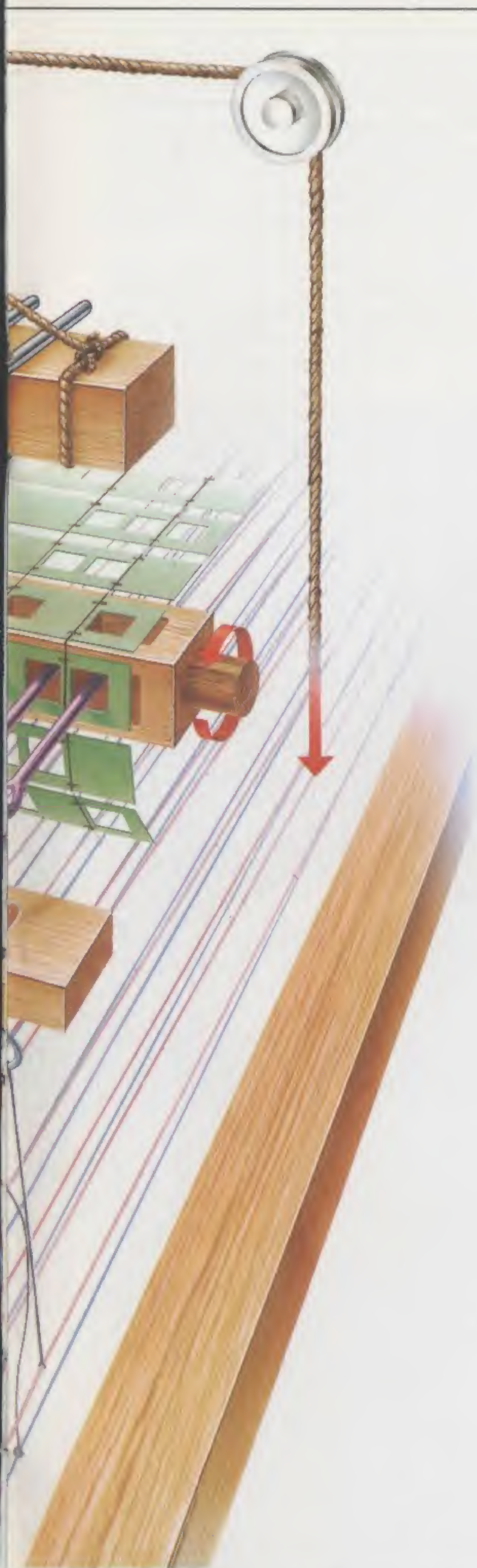
Finalmente, las tarjetas son unidas una a la otra según el orden en el que aparecen en el diseño y se introducen en el telar. Muchos telares Jacquard disponen de un mecanismo de inserción automática, aunque en algunos este proceso se realiza de forma manual.



En un telar Jacquard, cada tarjeta es presionada contra una serie de agujas sujetas a un bastidor sobre el cual pueden deslizarse libremente. Si la posición de la aguja no coincide con ninguna de las perforaciones, permanece inmóvil. En caso contrario, avanza, arrastrando con ella un ganchillo que pasa a través de su ojal in-

termedio, y que, en su extremo inferior, está sujeto a uno o más hilos de la urdimbre. Tras avanzar las agujas, un bastidor superior se eleva, izando con él sus ganchillos; los ganchillos arrastran los hilos de la urdimbre correspondiente, formándose así la *calada* por donde pasarán los hilos de la trama.





Dos imágenes de un telar Jacquard clásico: están bien visibles las tarjetas perforadas que constituyen el elemento característico en cuanto permiten una forma de automatización al llevar "registradas" en las perforaciones las "instrucciones" para la realización del diseño. En el dibujo de la izquierda se puede observar el mecanismo fundamental del telar. A efectos ilustrativos, el número de agujas representado es muy inferior al que en realidad tiene un telar normal. Cada barra en gancho pasa a través del ojal de una de las agujas, atravesando después un bastidor horizontal en el que la holgura del agujero permite que la barra pueda variar ligeramente su inclinación. Cada barra termina en un ojal o anilla, al que se atan uno o más hilos de la urdimbre. La disposición de las perforaciones sobre las tiras de papel determina el movimiento selectivo de las agujas, que al moverse hacen inclinar las barras en gancho correspondientes. Las agujas que no coinciden con las perforaciones de la tarjeta permanecen inmóviles, mientras que el resto, en su movimiento de avance, hace que las barras se inclinen, de forma que su gancho quede en posición de ser izado por un bastidor superior. En su ascenso, cada gancho arrastra sus respectivos hilos de la urdimbre, lo que permite que se forme la "calada" por donde pasarán los hilos de la trama. Los principios del telar de Jacquard han permanecido inmutables hasta hoy.

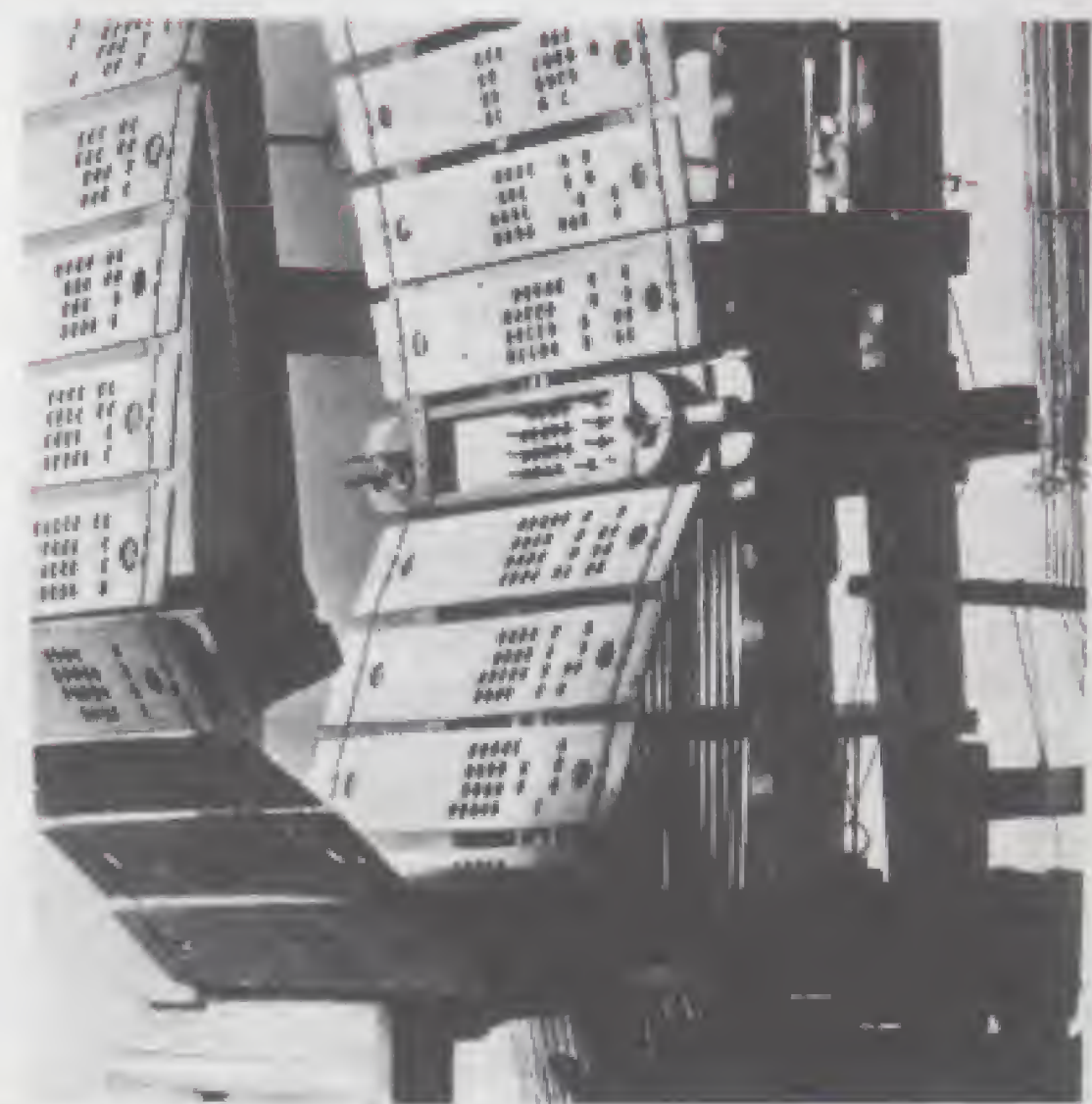


Una vez que el diseño correspondiente a una tarjeta ha sido ejecutado, ésta es reemplazada automáticamente por la siguiente. El procedimiento se repite hasta que todas las tarjetas han sido utilizadas y el dibujo es ultimado.

En los últimos tiempos, el desarrollo tecnológico, inspirado en las ideas de Jac-

quard, ha permitido el control de los telares eléctricos a alta velocidad por medio de ordenadores, cuya capacidad para realizar tejidos diversos puede ser considerada prácticamente infinita.

Véase Hilados; Tarjeta perforada; Tejidos; Tejidos, fabricación de; Telar





# Telecomunicaciones militares

**L**os sistemas de comunicación constituyen una parte esencial de toda estrategia militar para programar, comunicar y desarrollar los planes coordinados de ataque y defensa, además de para informar adecuadamente, a las fuerzas combatientes, de los cambios de táctica imprevistos.

**Características de las comunicaciones militares** Los sistemas militares de telecomunicación deben respetar numerosos criterios. En primer lugar, la comunicación debe ser instantánea y debe tener la suficiente potencia como para llegar al destinatario, allá donde esté. La red de comunicaciones debe de estar continuamente alerta y lista para operar, de forma que, si surgiera un caso de alarma o una situación imprevista, el Estado Mayor o la fuerza al mando pueda establecer contacto inmediato con todas y cada una de las diversas unidades, es decir, con las bases aéreas, los silos de misiles, los submarinos, las naves y las tropas terrestres destacadas en cualquier parte del globo. Debido a este imperativo, Estados Unidos envía aproximadamente las tres cuartas partes de sus comunicaciones militares por medio de estaciones orbitales.

En segundo lugar, los sistemas militares de comunicación deben ofrecer la máxima seguridad. El ideal sería que el enemigo no pudiera interceptar los mensajes ni conocer, antes de tiempo, los planes militares codificados; precisamente para prevenir la eventual interceptación, se utilizan los códigos cifrados.

En tercer lugar, las comunicaciones militares deben estar lo suficientemente ais-

ladas como para neutralizar cualquier intento, por parte del enemigo, de perturbar la escucha o hacerla imposible, lo que se podría lograr introduciendo interferencias electrónicas y ruidos. En efecto, las señales de radio pueden perturbarse si el enemigo transmite en la misma longitud de onda, distorsionando, mutilando o, en cualquier caso, haciendo incomprensible el mensaje. Algunas de las precauciones que permiten evitar la interceptación, como, por ejemplo, la de variar la señal de una a otra frecuencia, sirven también para neutralizar las perturbaciones. Además, algunos sistemas de transmisión se sirven de ondas especiales que resultan difícilmente perturbables, como son las ondas luminosas de los rayos láser.

En definitiva, las transmisiones militares deben poseer todas las características que aseguren su fiabilidad. Deben continuar funcionando aun en los casos extremos, a temperaturas elevadas, o incluso entre las interferencias electromagnéticas que se producirían en el caso de una explosión nuclear. Por ese motivo, además de para minimizar eventuales interrupciones debidas a un sabotaje, muchos sistemas militares de comunicación son múltiples, aunque puede conseguirse el mismo objetivo duplicando los mensajes.

**Sistemas militares de comunicación** La Secretaría de Defensa de Estados Unidos posee diversos sistemas de comunicación vía satélite.

El *Defense Satellite Communications System* (Sistema de Comunicaciones Vía Satélite de Defensa), que a veces se de-

nomina *Discus* por las iniciales DSCS, permite enlaces a alta velocidad en todo el mundo entre estaciones fijas en tierra. El sistema DSCS-2 consta de cuatro satélites en funcionamiento, además de dos en reserva, todos en órbita geoestacionaria (es decir, en una órbita sobre el Ecuador a unos 36.000 km de altura, en la que cada satélite permanece fijo sobre un punto de la Tierra).

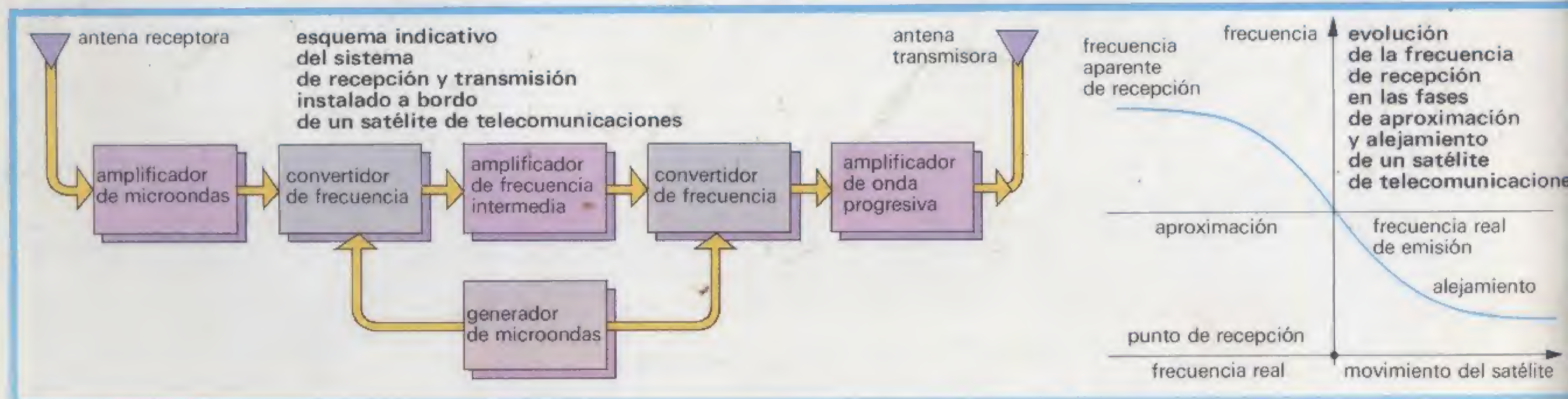
El *Fleet Satellite Communication System* (FLTSATCOM, Sistema de Comunicaciones Vía Satélite de la Flota de la marina militar U.S.A.) consta de varios satélites, también en órbita geoestacionaria, que proporcionan un sistema de comunicaciones a baja velocidad para centenares de usuarios móviles, como los buques y los submarinos.

El *Satellite Data System* (SDS) se compone de tres satélites en órbita sobre los polos de la Tierra. Son los únicos satélites para comunicaciones que no están en órbita geoestacionaria y sirven para mantenerse en contacto con las estaciones muy por encima del Círculo Polar Ártico, zona inaccesible a los satélites geostacionarios por estar por debajo del horizonte.

El *Air Force Satellite Communication System* (AFSATCOM), al servicio de la aviación militar, consta de transmisores y receptores anejos a los varios satélites de comunicación, como el FLTSATCOM o los SDS; suministra la comunicación desde los puestos de mando y control hacia la fuerza nuclear estratégica, como los bombarderos, los centros de control para el lanzamiento de misiles y los submarinos equipados con misiles nucleares.

Un nuevo sistema de satélites en desarrollo es el *Space Laser Communication System*, conocido también con el nombre de LASERCOM, que difundirá sus mensajes con rayos láser desde el espacio para comunicar con aviones, aeródromos, estaciones terrestres, barcos e incluso submarinos. Aunque estos últimos pueden utilizar la mayor parte de los sistemas de comunicación, hay que hacer notar que, para transmitir y recibir señales, deben encontrarse a poca profundidad, arriesgándose así a revelar su posición. Todavía no se ha desarrollado un sistema que permita a los submarinos la recepción y la transmisión en situación de inmersión profunda.

Véase Satélite artificial; Satélite de reconocimiento

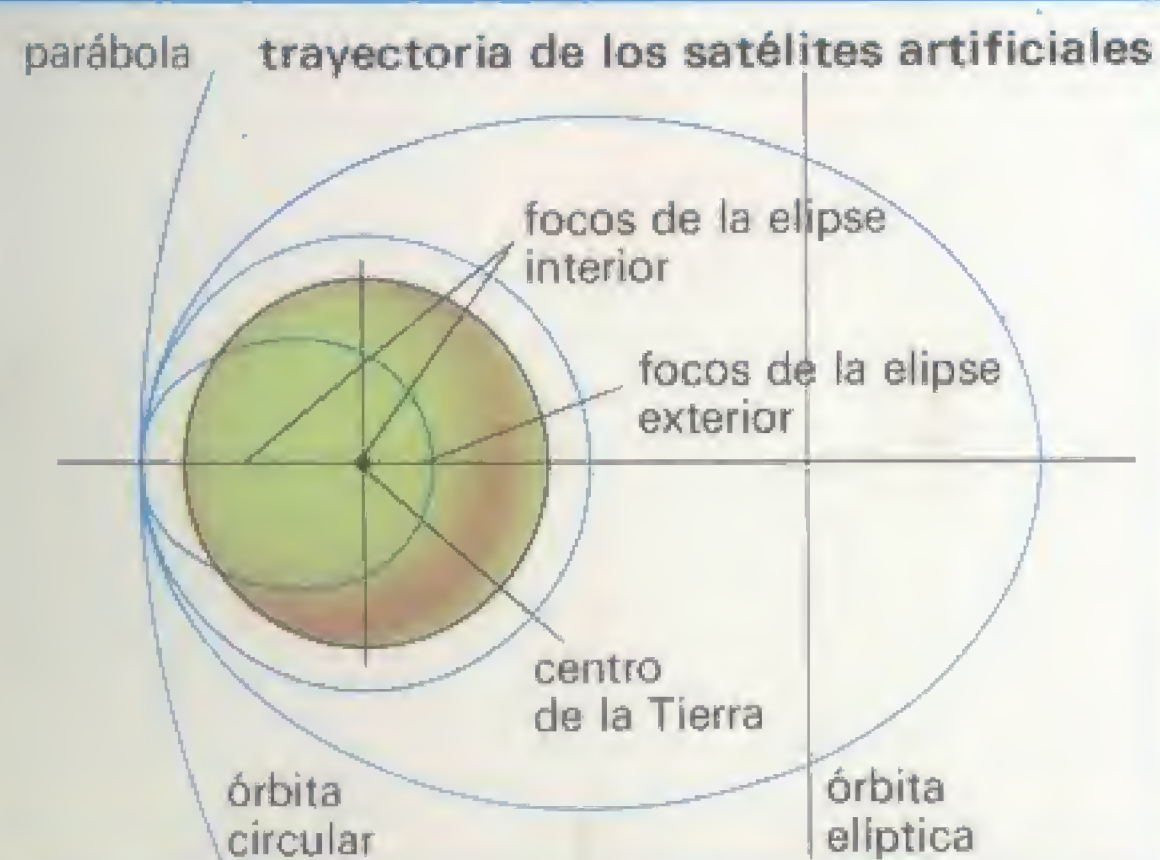
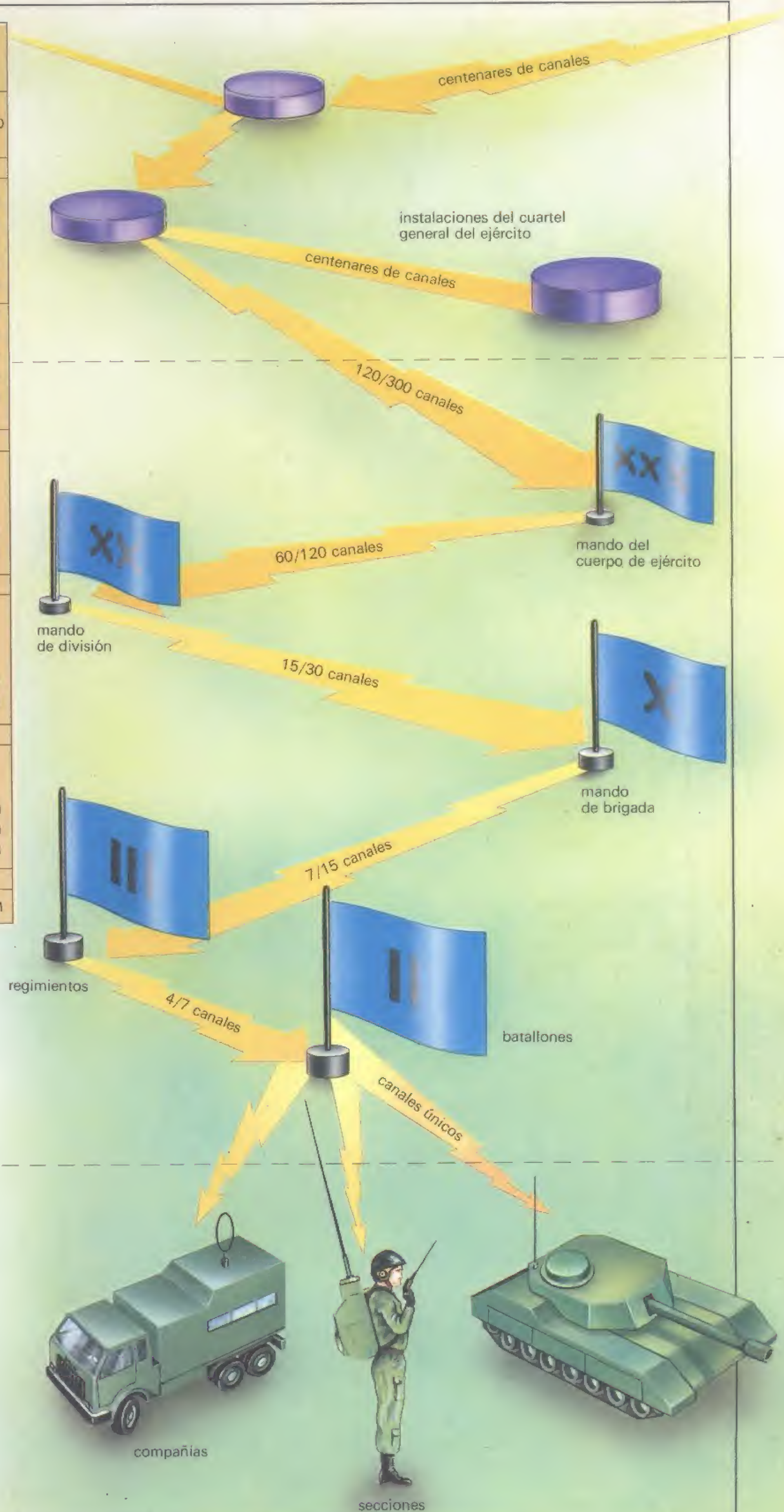




TIPOS DE RED	NIVEL DE MANDO	APARATOS BASE			
CANAL UNICO (HF-VHF)	COMPAÑIA SECCION	RADIO	FREC.	MULTIPLEX	MODULO
	CUARTEL GENERAL DEL EJERCITO	MS9	SHF	MX513	FDM
		MH205	SHF	XM1-2	TDM
		MH203	SHF	MX510	FDM
		MH170/T	SHF	MT241	TDM
	CUERPO DE EJERCITO	MH297	UHF	MX511	FDM
		MH321	UHF	MX510	FDM
		MH197	UHF	XMI	TDM
		MH195	UHF	MT203	TDM
		MH193	UHF	MT20YA	TDM
		MH170/T	SHF		
	DIVISION	MH297	UHF		
		MH321	UHF		
		MH197	UHF		
		MH196	UHF	MT203	TDM
		MH193	UHF	MT201/A	TDM
	BRIGADA	MH297	UHF		
		MH321	UHF		
		MH197	UHF		
		MH195	UHF	MT203	TDM
		MH193	UHF	MT201/A	TDM
	REGI-MIENTO	MG321	UHF		
		MH197	UHF		
		MH195	UHF	MT203	TDM
		MH193	UHF	MT201/A	TDM
		MH191	UHF	MT205	TDM
	BATALLON	MH191	VHF	MT205	TDM

Sobre el campo de batalla (a la derecha) las telecomunicaciones se desarrollan a tres niveles: el primero es de canal único entre las unidades móviles y las bases de apoyo táctico (con banderas de señales). En cada estación aumenta el nivel de control y los mensajes se reducen en lo esencial, según se acercan al cuartel general del ejército

(arriba). En la parte central y superior del diagrama la transmisión es multicanal. En la página anterior: a la izquierda, radar de uso aeronáutico; a su derecha, cobertura transparente a las microondas para radar de alto alcance; sirve para la detección de bombarderos estratégicos y misiles intercontinentales.





# Teledetección

**I**maginemos que estamos volando hacia el oeste a lo largo de la costa del Cantábrico. Mirando a través de la ventanilla del avión, la tierra se aleja velozmente; puede verse el mar, con manchas de distintos tonos azules, y el Sol se refleja tan violentamente sobre su superficie, en ciertas direcciones, que resulta imposible mirarlo directamente. Mediante la observación de estas diferencias de color y de las distintas formas en que la luz se refleja, se pueden conseguir muchísimas informaciones referentes a la tierra y al mar que se encuentran bajo nosotros, incluso desde una altura de nueve mil metros.

La teledetección consiste precisamente en recoger y registrar datos sobre la Tierra sin que exista un contacto directo con la región o el objeto observado, y se realiza generalmente mediante instrumentos instalados a bordo de aviones y satélites. El estudio del suelo realizado a distancia presenta muchas ventajas sobre el que se lleva a cabo mediante observaciones directas en la superficie. Los detectores instalados a bordo de aviones o satélites pueden analizar cientos de kilómetros cuadrados en pocas horas y establecer un análisis completo en pocos días, lo que permite la observación de enormes extensiones de terreno, como inmensas selvas, que resultarían difícilmente accesibles desde la Tierra. Los telesensores pueden realizar observaciones no sólo en el espectro visible sino también en el campo de frecuencias infrarrojas (emisiones térmicas) y de microondas (ondas de radar) del espectro electromagnético. Otros tipos de sensores son también capaces de detectar las más mínimas variaciones en el campo magnético o gravitacional de la Tierra, suministrando más información sobre la composición físico-química y la densidad de la corteza terrestre.

**Rocas y terrenos cultivados** Cada uno de los distintos tipos de superficie terrestre (rocas, suelo, vegetación, agua, etc.) posee una peculiar intensidad de color y una capacidad de reflexión propia. Cada uno absorbe y refleja determinadas radiaciones de la luz incidente en función de su composición química, su contenido en humedad y la rugosidad de su superficie. Además, cada uno de ellos emite cierta cantidad de energía interna propia que recibe del Sol. Para cada sustancia presente en la superficie terrestre, existe un preciso y único tipo de longitud de onda absorbida, reflejada y emitida, lo que constituye una identificación espectral de cada sustancia; algo parecido, por tanto, a la identificación que se obtiene mediante las huellas digitales del hombre.

Los equipos de teledetección son capaces de detectar una amplia gama de radiaciones, lo que les permite registrar las emisiones características de una gran variedad de materiales y sustancias que, por otra parte, son más evidentes e intensas en unos casos que en otros. Por ejemplo, en la banda visible del espectro, la vegetación aparece generalmente verde, debi-

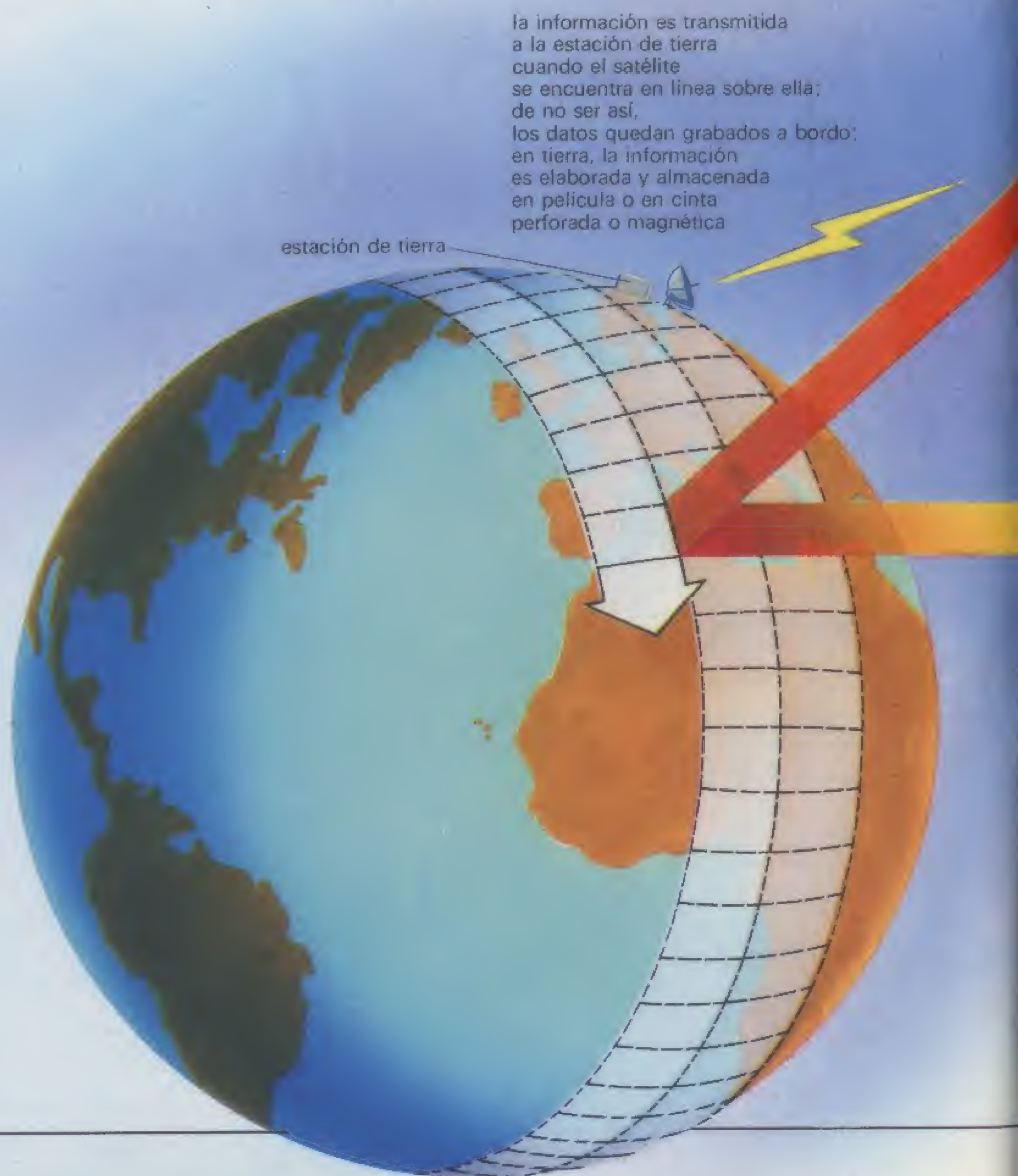
do a la presencia de la clorofila en las hojas, una sustancia química que absorbe la mayor parte de los colores (longitudes de onda) del espectro visible, exceptuando el verde, que es reflejado hacia nuestros ojos. En el campo de las radiaciones infrarrojas (calor), sin embargo, las plantas reflejan una gran cantidad de energía. La gama de longitudes de onda y la intensidad de las radiaciones reflejadas son características de cada tipo de planta, de su edad, de su estado de salud e incluso de la composición química del suelo en que crece. La particular gama de longitudes de onda que los telesensores utilizan para la observación de la Tierra depende de la finalidad con la que se realice la observación, que puede ser de carácter geológico, agrícola, oceanográfico o de muchos otros tipos.

**La luz visible** Existen diferentes tipos de métodos empleados en la teledetección desde aviones o satélites. El primero es la fotografía común, es decir, la toma de imágenes fotográficas de la Tierra en el campo visible de las longitudes de onda. Las fotografías de ciertas zonas pueden suministrar una amplia visión de una región, lo cual resulta muy útil para la confección de mapas fotográficos con las características geológicas y las construcciones realizadas por el hombre en dicha

zona. La fotografía en color posibilita la diferenciación de las distintas propiedades del suelo, mientras que la fotografía en blanco y negro, debido a ciertas características particulares de la película, es capaz de concretar y evidenciar detalles incluso muy pequeños.

Otro método de detección es la fotografía multispectral. Consiste en aplicar a las cámaras filtros especiales para registrar, sobre la película en blanco y negro, varias gamas de longitud de onda de la luz en distintos fotogramas. La fotografía multispectral permite registrar selectivamente los distintos componentes del espectro que resultan más significativos para cada aplicación particular. Además, si se combinan las distintas tomas realizadas con las distintas longitudes de onda, se pueden reconstruir fotogramas en colores que conservan inalterada su alta resolución, característica peculiar de las películas en blanco y negro de amplio espectro.

Una variante de la fotografía multispectral es el análisis multispectral de la imagen. También en este caso, las tomas se realizan a través de filtros, pero las imágenes no se registran en película fotográfica, sino que son convertidas en señales numéricas y posteriormente transmitidas por radio a la Tierra. De este modo, se elimina la necesidad de utilizar contenedo-



la información es transmitida a la estación de tierra cuando el satélite se encuentra en línea sobre ella; de no ser así, los datos quedan grabados a bordo; en tierra, la información es elaborada y almacenada en película o en cinta perforada o magnética



El *Landsat* gira alrededor de la Tierra describiendo una órbita heliosíncrona: es decir, sobrevuela cada punto de la Tierra siempre a la misma hora (9:30 de la mañana). Desde aproximadamente 918 kilómetros de altura, los instrumentos instalados a bordo reproducen bandas verticales. Las sucesivas formas cubren gradualmente toda la Tierra, como una cinta envuelta alrededor de una esfera. Cada *Landsat* posee un escáner (o analizador multispectral) y un *Vidicon* de reflexión.

El escáner explora el área barrida, mientras se desplaza a lo largo de la órbita, detectando la intensidad de la luz del Sol reflejada por la Tierra en cuatro "colores", o longitudes de onda, distintos. Las cuatro imágenes separadas son transformadas en impulsos electrónicos y transmitidos a tierra en forma de señales numéricas, que son recibidas en una estación conectada por radio con el satélite. Abajo, las áreas cubiertas por estas estaciones.



altura  
918 kilómetros



el satélite *Landsat* cubre con sus tomas un área comprendida entre los 8° de latitud norte y los 8° de latitud sur

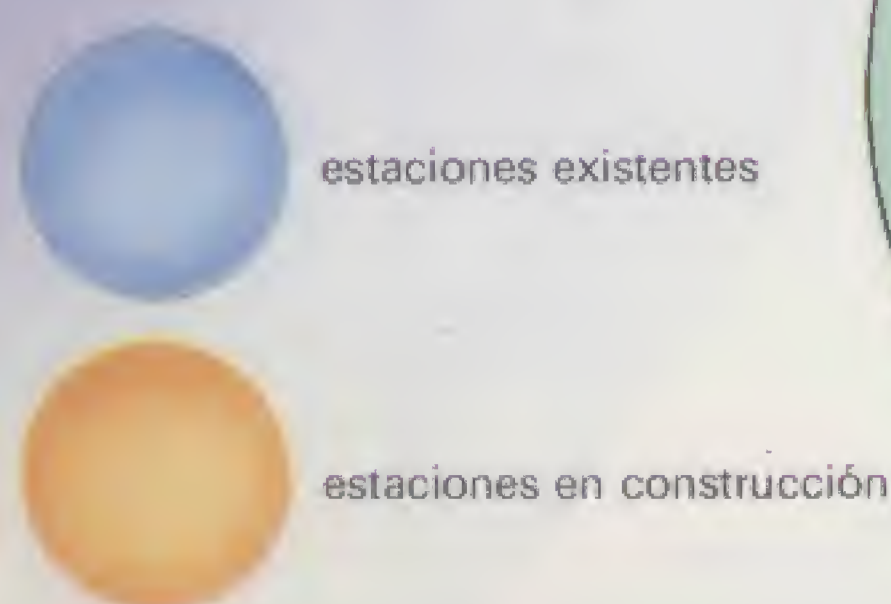
energía reflejada  
recibida por el escáner  
en cuatro bandas

radiación solar

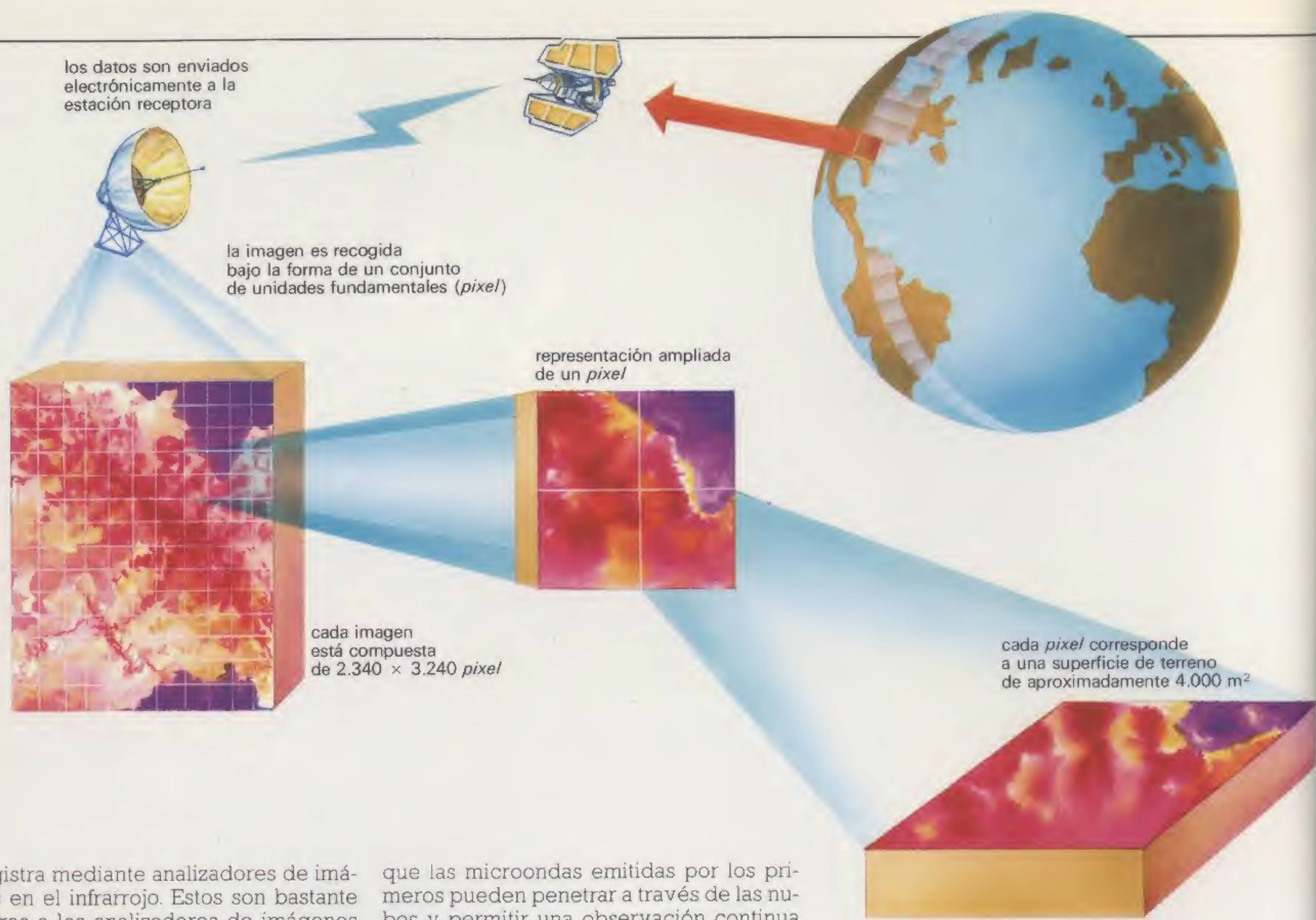
res destinados al transporte de material sensible, que después deberá ser revelado, lo que hace que esta técnica sea uno de los métodos preferidos para registrar las imágenes tomadas a distancia por los satélites, como los de tipo *Landsat* 1, 2, 3 y 4. Además, la conversión de las imágenes en forma de señales numéricas permite el almacenamiento en cintas magnéticas de las informaciones que son enviadas. Por lo tanto, es posible analizar periódicamente estas imágenes mediante un ordenador, lo cual permite detectar variaciones mínimas del tipo de terreno, de los

valores de la temperatura e incluso del desarrollo de cultivos o de la evolución de la infraestructura creada por el hombre, y otras características.

**El infrarrojo** Todas las sustancias terrestres emiten continuamente radiaciones infrarrojas (calor). Las diferencias existentes en las emisiones térmicas naturales son extremadamente útiles para los geólogos, ya que les permite identificar minerales concretos y descubrir incluso pequeñas particularidades geológicas. La distribución de las radiaciones infrarrojas







se registra mediante analizadores de imágenes en el infrarrojo. Estos son bastante similares a los analizadores de imágenes multiespectrales, que producen una imagen visible, pero tienen una sensibilidad mucho mayor en el campo de los longitudes de onda infrarrojas. En el caso de los analizadores de imágenes por infrarrojos, la intensidad luminosa de las imágenes corresponde a la intensidad de la radiación térmica emitida por las distintas sustancias. Esta depende, a su vez, de la composición química de la sustancia, de la estructura de su superficie y de sus características térmicas.

Los mapas térmicos de los océanos detectan la presencia de corrientes marinas de distintas temperaturas. Estos mapas también pueden indicar la existencia de una actividad volcánica submarina, suministran información sobre las zonas de mayor producción de plancton o revelan la posible emisión en el mar de descargas industriales contaminantes.

**El radar** Todos los equipos de teledetección que captan las radiaciones visibles o infrarrojas examinan pasivamente cada radiación tanto reflejada como emitida por los objetos situados sobre la superficie terrestre. Los equipos para la teledetección por radar, por el contrario, suministran ellos mismos una especie de "iluminación" propia en forma de impulsos que son reflejados por la Tierra (es como si la Tierra fuese iluminada por una luz estroboscópica o radiofrecuencia). La diferencia entre los equipos de radar y otros equipos de teledetección es notable, ya

que las microondas emitidas por los primeros pueden penetrar a través de las nubes y permitir una observación continua del terreno, tanto de día como de noche, e independientemente de las condiciones atmosféricas. Las microondas son también capaces de penetrar en la vegetación para detectar la conformación del suelo, incluso en aquellas regiones cubiertas por selvas y junglas.

El radar es uno de los instrumentos de teledetección más modernos. A partir de los años setenta, los sistemas de teledetección aérea por radar han permitido llevar a cabo una observación exhaustiva de casi toda la superficie terrestre, alcanzando un poder de resolución del orden de un centímetro. Los primeros equipos para teledetección fueron llevados al espacio en 1978, a bordo del *Seasat*, y fueron capaces de medir incluso la altura de las olas marinas con ese orden de precisión. En 1982, el radar analizador de imágenes, transportado por el Transbordador Espacial, durante su segundo vuelo de prueba, consiguió penetrar a través de la arena de los desiertos, como el del Sahara, para observar la estructura de las formaciones rocosas subterráneas.

**Los campos de fuerza** Al igual que la luz visible, el infrarrojo y las ondas de radar son medios de detección a distancia de la configuración terrestre; otros instrumentos para la teledetección, como el magnetómetro y el gravímetro, permiten detectar a distancia la acción del campo magnético y del campo gravitacional terrestres.

las imágenes de la luz reflejada en cuatro bandas distintas son recogidas por el ordenador



las imágenes pueden ser sometidas a una elaboración posterior por parte del ordenador

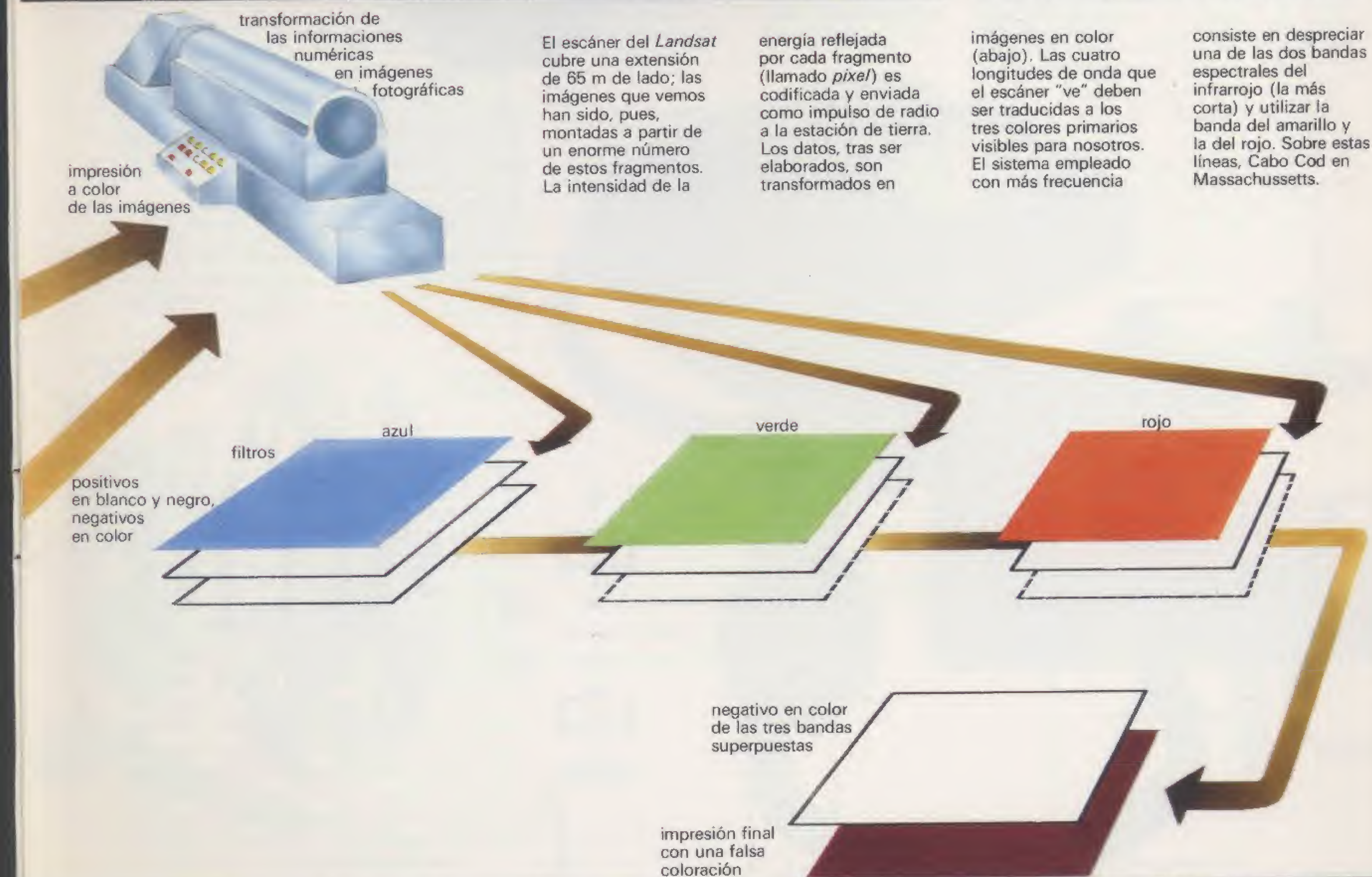


Los magnetómetros han sido transportados a bordo de aviones desde que se empezaron a realizar los primeros intentos de detección en los años cuarenta, y fueron transportados al espacio por los satélites y por vehículos espaciales a partir de los años sesenta. En octubre de 1979, un sofisticado satélite para magnetometría, el *Magsat*, fue puesto en órbita alrededor de la Tierra con el fin de observar detalladamente las variaciones locales del campo magnético terrestre. Estas irregularidades del campo magnético suministran datos sobre la composición de la corteza terrestre y sobre las distintas concentraciones de los minerales contenidos en la misma.

El *Gravsat*, con funciones similares, está dotado de instrumentos capaces de medir las variaciones locales del campo gravitacional terrestre.

**Aplicaciones** En conjunto, todas estas técnicas de teledetección están siendo de gran utilidad en numerosos y variados campos: en la agricultura, para el control de los cultivos; a las compañías petrolíferas y mineras, para la búsqueda de nuevos yacimientos; a las flotas pesqueras, para conseguir una eficaz localización de los bancos de pesca, y a los grupos de protección ambiental, para valorar lo más concretamente posible la extensión de las catástrofes naturales.

Véase Radar; Satélite; Satélite de reconocimiento



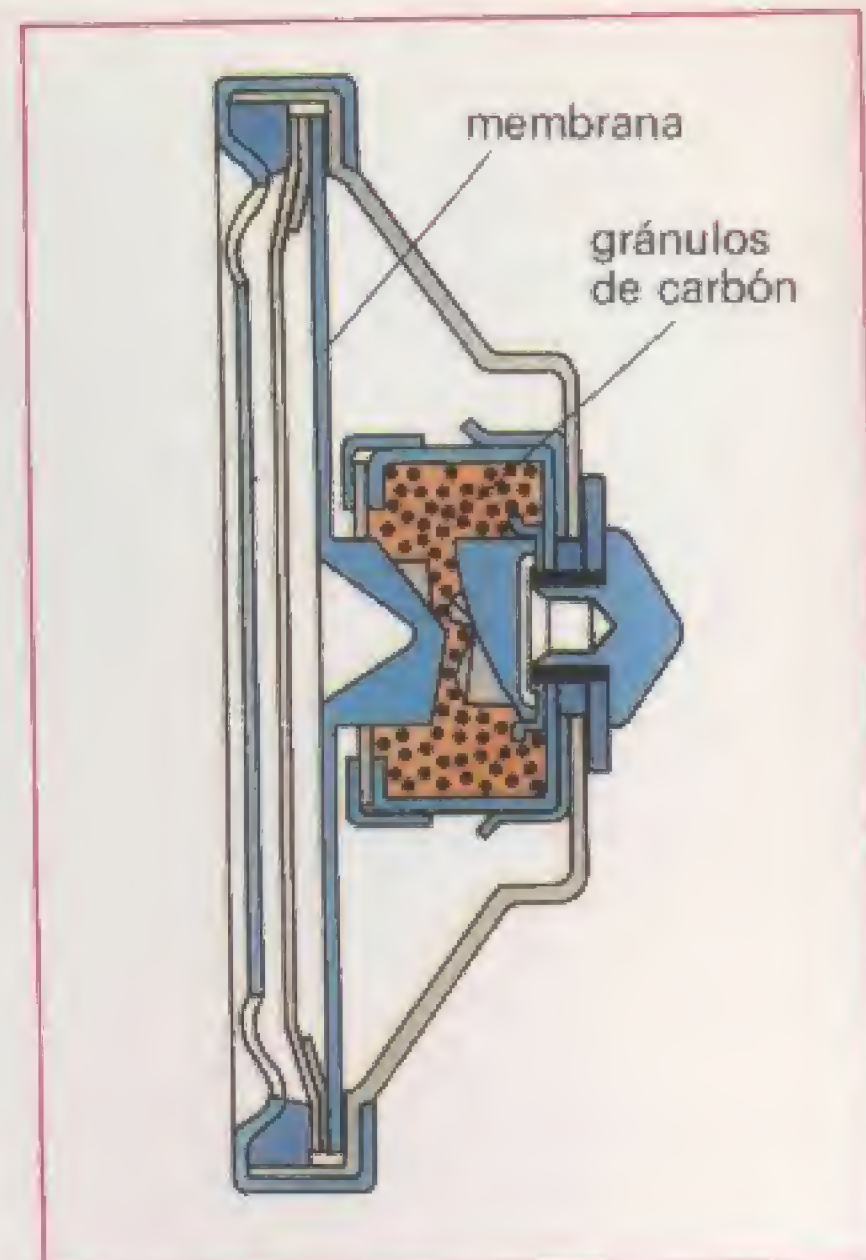


# Teléfono

La red mundial de teléfonos supera en la actualidad los quinientos millones de aparatos. La patente original del teléfono, inscrita por Alexander Graham Bell en marzo de 1876 con el número 174.465, ha sido, sin duda, la más remunerada de todas las registradas. En realidad, Bell sólo se adelantó unas horas en la oficina de inscripción de patentes a Elisha Gray (1835-1901), un inventor de Chicago que había construido un aparato similar por sus propios medios.

**Teléfonos de disco** En los teléfonos actuales, tanto el terminal receptor como el transmisor se encuentran en el microteléfono. Estos terminales son, en realidad, *transductores*, es decir, dispositivos que transforman un tipo de señal en otro. En este caso la señal acústica se transforma en eléctrica para volver a convertirse en señal acústica posteriormente. Cuando hablamos ante el micrófono de nuestro teléfono, los sonidos, que son vibraciones acústicas, ejercen una presión variable sobre los gránulos de carbón situados debajo de una fina pared divisoria o membrana. Cuando las vibraciones que generan nuestras cuerdas vocales llegan a la membrana, ésta vibra, produciendo la compresión y descompresión alterna de los gránulos de carbón. Cuando los gránulos están comprimidos, ofrecen poca resistencia al paso de una corriente eléctrica, mientras que, al estar más dispersos, la resistencia al paso de la corriente es mayor. Al alcanzar esta corriente el extremo opuesto de la línea, se produce el proceso inverso en el auricular, que convierte la señal eléctrica en ondas acústicas; éstas, a su vez, llegan hasta el oído de la otra persona.

Cuando hacemos una llamada telefónica se produce una secuencia de operaciones o, más concretamente, de intercambio de señales eléctricas y/o electrónicas, que accionan un conjunto de dispositivos; éstos son los que dan lugar a la comunicación con el interlocutor. Al descolgar,

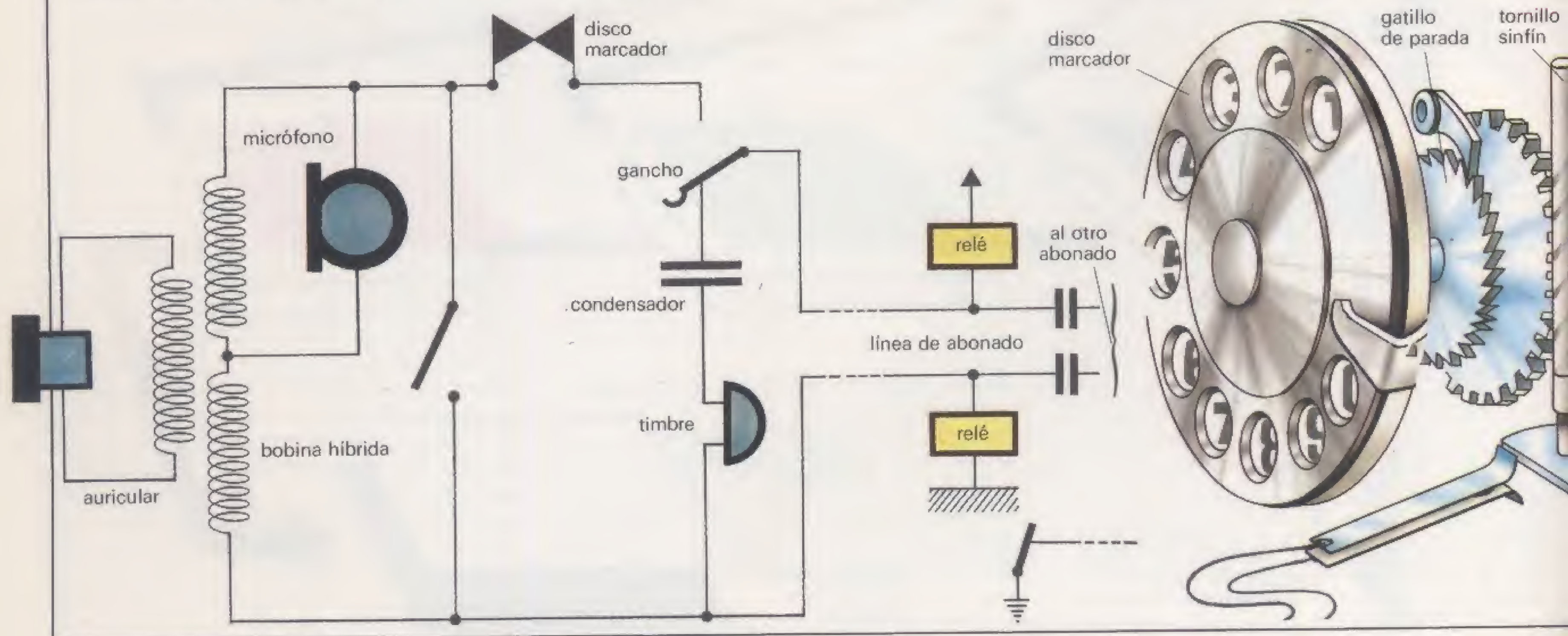


El microteléfono alberga las dos "cápsulas" correspondientes al micrófono y al auricular. En los aparatos modernos están colocadas en las posiciones medias ideales para la boca y la oreja del usuario. El micrófono está

formado por una membrana y un depósito lleno de gránulos de carbón. Cuando las ondas acústicas de la voz llegan a la membrana, ésta vibra con ellas, produciendo la compresión y descompresión alterna de los

gránulos de carbón. Una corriente eléctrica continua, que llega desde la central, atraviesa los gránulos: al variar la presión ejercida sobre la membrana, varía la resistencia eléctrica del carbón. El microteléfono está conectado al aparato

mediante cuatro (tres en muchos casos) conductores, incluidos en un cordón. Los hilos se encuentran protegidos en el interior de éste, que, a su vez, está dotado de la flexibilidad necesaria para poder mover el microteléfono cómodamente.





circula una corriente eléctrica que indica a la central local (identificada convencionalmente mediante las tres primeras cifras del número de teléfono) que queremos conectar. Si la central local tiene posibilidad de cursar la comunicación que se desea porque tiene circuitos disponibles, envía un tono continuo al aparato, que indica que se puede empezar a marcar. Al marcar con el disco cada una de las cifras del número correspondiente, se envía por la línea una secuencia de tantos impulsos eléctricos como indica la cifra, excepto en el caso del cero, con el que se envían diez impulsos; mediante este conjunto de impulsos se dirige la llamada hacia la central a la que está abonado el usuario con el que se quiere hablar, y se dan las órdenes precisas para que desde esa central se le envíe la correspondiente señal de llamada, que se suele traducir en el repiqueteo del timbre de su aparato. Cuando se consigue comunicar con el otro aparato y alguien descuelga, se envía una corriente variable mediante el micrófono de carbón, que hace vibrar la membrana del auricular con la suficiente fidelidad para que se reconozca nuestra voz.

El efecto local, es decir, el hecho de oír nuestra propia voz en el auricular, se elimina con una bobina especial, llamada *bobina híbrida*, que por una parte aísla la señal de voz del auricular y por otra la envía al aparato que está al otro extremo de la línea. El aparato dispone también de un circuito con varios dispositivos (generalmente *varistancias*) para eliminar ruidos, como chasquidos, pitidos, etc. El timbre del teléfono funciona con corriente alterna que llega desde la central por la misma línea, y los aparatos actuales suelen disponer de un control de volumen situado en la tapa inferior del aparato.

**Teléfonos de teclado** El sistema de teclado, más reciente, funciona de la siguiente manera. Cada vez que se aprieta una de las teclas numeradas, un circuito impreso produce dos de los ocho tonos posibles (que se pueden oír mientras se marca el número deseado) y los transforma en impulsos eléctricos, que llegan a la central telefónica local a través del hilo. Estos tonos actúan como código para cada número y sustituyen a las señales de corriente del disco tradicional. Existen doce teclas, dispuestas en cuatro filas de tres teclas cada una, formando un rectángulo. Como son necesarias diez teclas para las cifras del 0 al 9, las dos teclas exteriores de la fila inferior, marcadas con los símbolos \* y #, quedan disponibles para varios usos, y en especial para codificar la llamada a servicios especiales. La compañía telefónica puede modificar los pulsadores del aparato telefónico, si así lo desea el usuario, con el fin de que puedan utilizarse para conectar el teléfono a otro aparato, por ejemplo, un ordenador, incluso durante una conversación. Aparte de las diferencias de dispositivo para marcar el número, el teléfono de teclado funciona exactamente igual que el de disco.



El micrófono y el auricular de un aparato telefónico están conectados a la línea por medio de un transformador especial de tres bobinados, llamado bobina híbrida: la corriente procedente

del teléfono lejano se aplica a los dos primarios y se transmite al bobinado del auricular (página anterior, abajo). El micrófono tiene un extremo conectado al punto medio entre los dos primarios, y está

alimentado por la corriente continua que llega desde la central. Cuando los sonidos captados modulan esta corriente, la modulación se distribuye entre los dos bobinados primarios de forma que sus

flujos magnéticos se compensan. Así, sólo una pequeña parte de la señal del micrófono llega al auricular y se evita el efecto local. Arriba, un aparato moderno para oficina; abajo, modelo multifuncional.





## Evolución del servicio telefónico

Cualquiera que haya visto alguna vez una película de *gangsters* ambientada en los años veinte, recordará el modelo de aparato telefónico que se utilizaba hasta principios de los años treinta. El micrófono estaba incluido en una especie de trompeta montada sobre una columna y el auricular estaba separado, tenía forma cónica y se colgaba en un gancho que se utilizaba para abrir y cerrar el circuito eléctrico. Debido a la poca sensibilidad acústica del aparato, las voces se distorsionaban notablemente, tanto que prácticamente resultaban irreconocibles. Las llamadas interurbanas pasaban por una serie de etapas, es decir, no eran automáticas e inmediatas, como en la actualidad. Si, por ejemplo, desde Ohio se deseaba comunicar con Vermont, se tenía que contactar primero con Cleveland, después con Pittsburg, luego con Albany y finalmente con una central de Vermont, que llamaría al número deseado. Por este motivo, este tipo de llamadas podía retrasarse varias horas.

Desde entonces, los avances tecnológicos en el campo de las comunicaciones han mejorado notablemente los aparatos y el servicio. La calidad de recepción ha

mejorado hasta abarcar frecuencias desde 300 Hz (hertz: unidad de medida de frecuencia equivalente a un ciclo por segundo) hasta 3.400 Hz, gama lo suficientemente amplia para asegurar un buen grado de fidelidad en el sonido transmitido. Por este motivo se puede reconocer por teléfono una voz oída anteriormente.

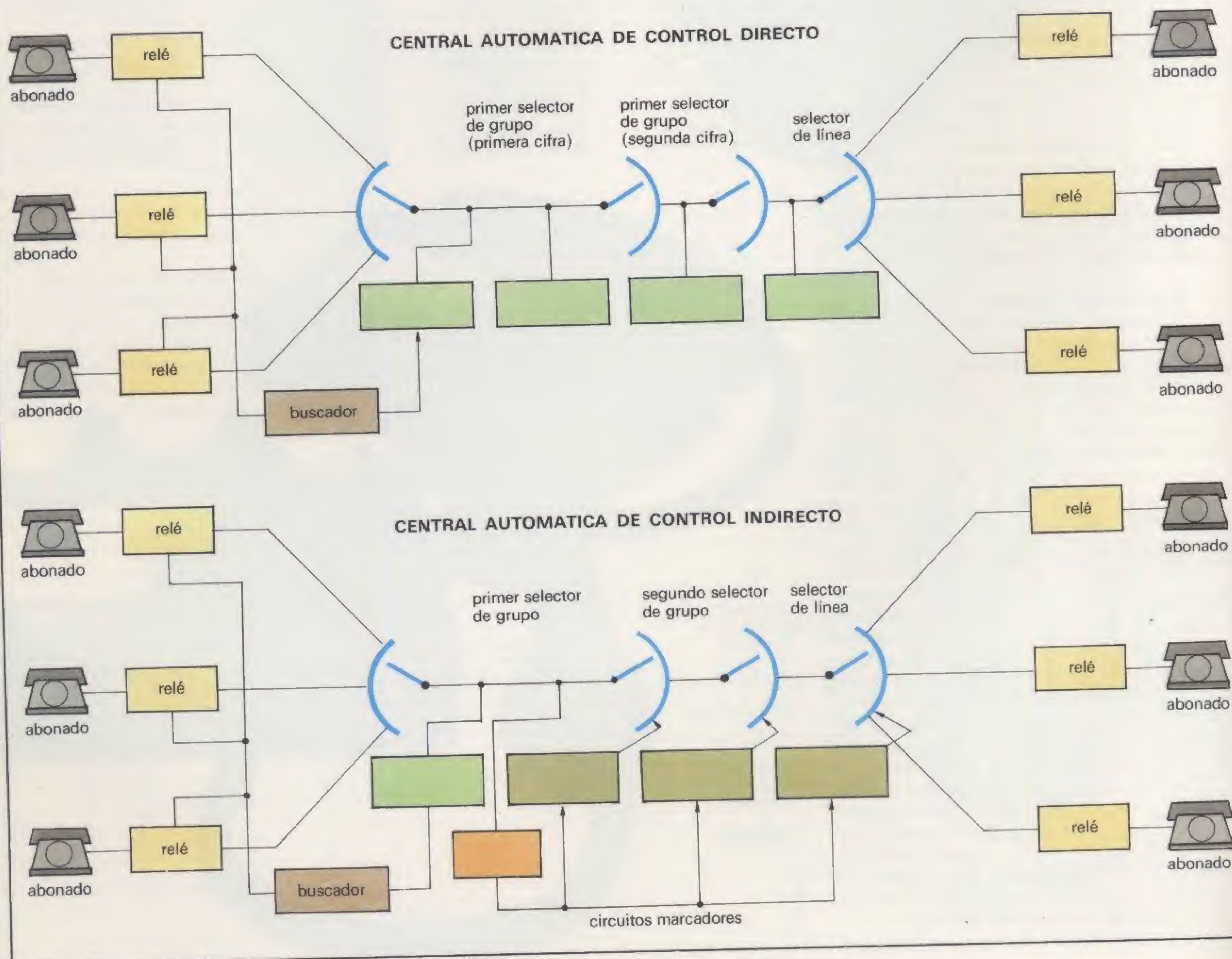
Las instalaciones telefónicas siguen mejorando y perfeccionándose. Las recientes innovaciones incluyen discos de marcar iluminados, notable miniaturización, un diseño del aparato receptor más funcional y la introducción del aparato de panel, que puede ser empotrado en la pared. Este último modelo está equipado también con un carrete para enrollar el cordón. Existen aparatos dotados de amplificador para aquellas personas con dificultades en la voz o en el oído, que amplifican tanto la señal que se envía por la línea como la señal que llega. Existen también otros accesorios para los teléfonos de mucho uso, como los de las oficinas, entre los que están los aparatos de líneas múltiples y los interfonos. Sin embargo, el progreso actual se refleja, más que en los aparatos de teléfono del abonado, en las centrales de conmutación (las más modernas

ya no son electromecánicas, sino completamente electrónicas) y en los distintos accesorios de la red.

Los aparatos telefónicos están conectados a una central local que ofrece una amplia gama de servicios al abonado, como las comunicaciones urbanas, interurbanas, internacionales e informaciones diversas: el número de otros abonados, información general, ambulancias, policía, bomberos, hora exacta, previsiones meteorológicas, etcétera.

El servicio telefónico internacional permite la comunicación instantánea con los demás países. Los abonados pueden ponerse en contacto con, prácticamente, todos los teléfonos del resto del mundo, casi siempre de forma automática, sin necesidad de la intervención de la operadora, y únicamente marcando los prefijos correspondientes antes del número deseado. El uso de satélites de comunicaciones (a partir de 1965) para enviar mensajes al otro lado del océano ha mejorado claramente la calidad de las llamadas telefónicas internacionales.

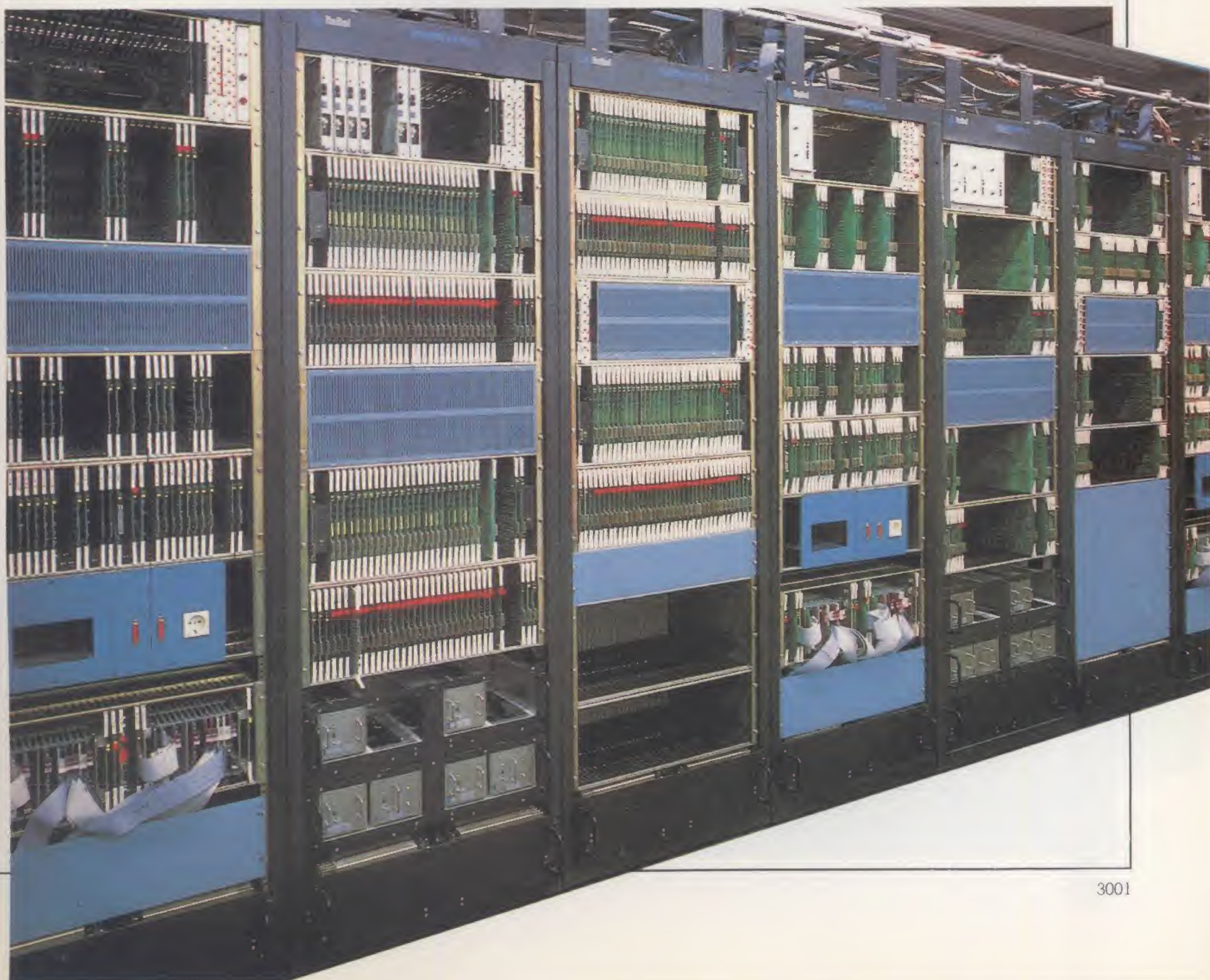
Véase Información, teoría de la; Telemática; Transductor





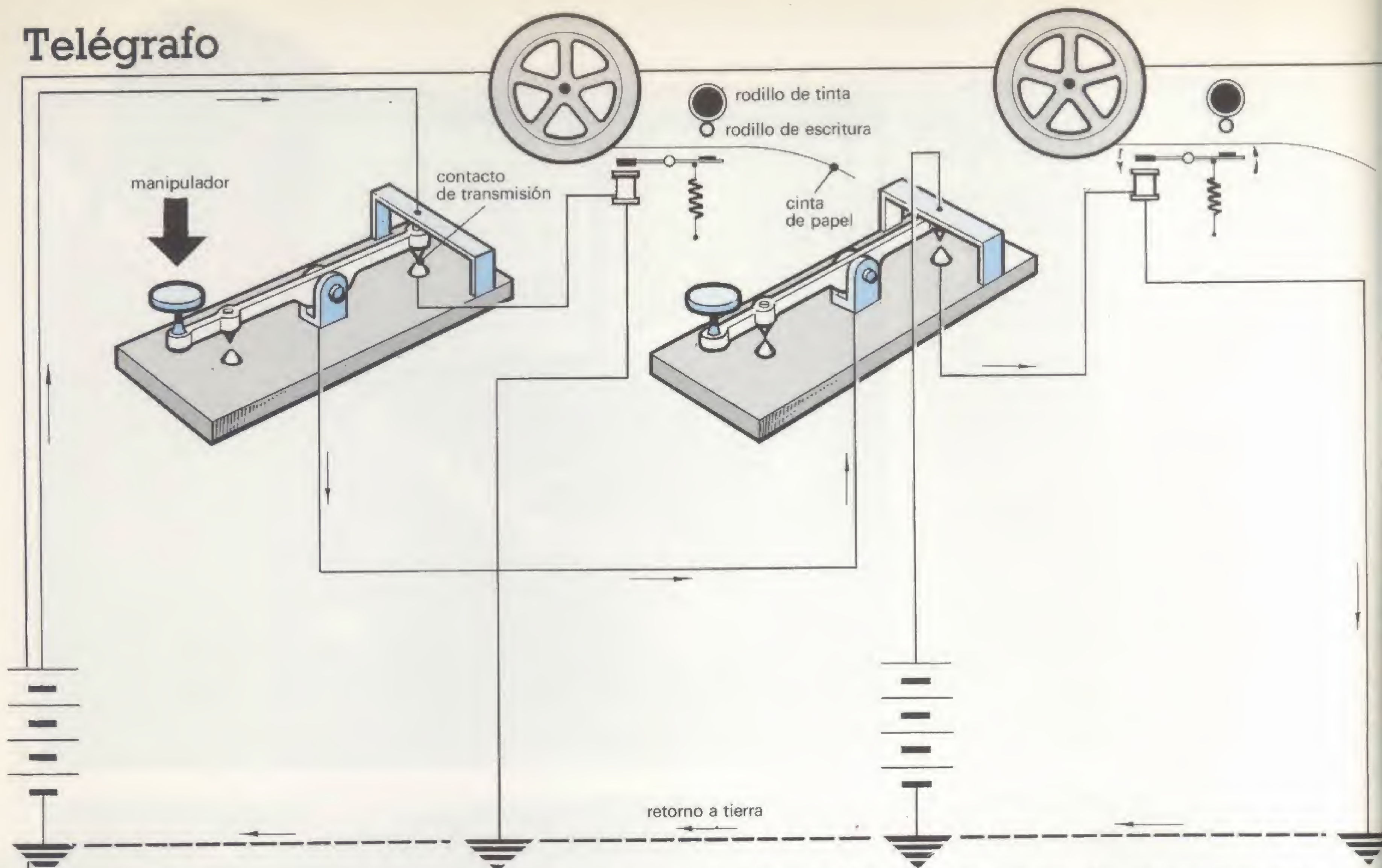
Una central telefónica de control directo (esquema de la página anterior) recibe los impulsos del disco marcador, que controla el movimiento de los selectores, directamente e impulso a impulso. En las centrales de control indirecto los impulsos del disco se reciben en un registro que controla y detecta la posición que tienen que alcanzar los sucesivos selectores para establecer la conexión. El registro marca la posición de los distintos selectores, que se mueven para conectar con tal número. En este caso, el sistema de numeración de los usuarios no está unido a la red porque los impulsos no controlan directamente el movimiento de los selectores, sino que transmiten sólo las instrucciones que envía el usuario.

Abajo, detalle de una central electrónica (del tipo UT3, realizada conjuntamente por Italtel, GTE y Telettra); a la derecha, un radioteléfono instalado en un automóvil. Los nuevos servicios de telefonía móvil suponen la ampliación del servicio básico para su utilización en vehículos. Ofrece la mayoría de las posibilidades de la red fija y otras específicas, sin más requisito que el móvil se encuentre en la zona de cobertura del sistema. Los más avanzados tecnológicamente son los de telefonía celular, que se diferencian de otros en que las comunicaciones cursadas pueden conmutarse sin discontinuidades a través de las distintas "celdas" de cobertura en que se ha dividido el territorio, con un eficaz encaminamiento de las llamadas.





# Telégrafo



La palabra "telégrafo" evoca para muchas personas la imagen de un hombre con visera, inclinado sobre un pequeño armazón, con una tecla metálica que transmite puntos y rayas del alfabeto Morse. Sin embargo, la moderna tecnología telegráfica ha superado hace mucho tiempo aquellos primitivos métodos. Actualmente, la telegrafía utiliza técnicas como la conmutación digital y la transmisión por microondas y vía satélite. En realidad, la telegrafía se debe considerar como un apartado más dentro del amplio campo de las telecomunicaciones, una de las ramas más avanzadas de la tecnología moderna.

**El desarrollo de la telegrafía** Las palabras griegas *tele* y *gráphein* significan respectivamente "lejos" y "escribir"; la telegrafía es, literalmente, la escritura a distancia. En la actualidad, el hombre se ha acostumbrado a hablar directamente con otras personas en cualquier parte del mundo que éstas se encuentren, incluso en el espacio, pero existen circunstancias en las que, a veces, es necesario enviar un mensaje escrito rápidamente a distancias considerables. Por ejemplo, los telegramas pueden considerarse documentos legales para notificaciones, para ofertas de contratos, etc. Por este motivo, en el campo de las telecomunicaciones, la transmisión de información escrita es un aspecto de primer orden.

Muchos investigadores de varios países contribuyeron al desarrollo de la telegrafía. Durante los años treinta y cuarenta del siglo XIX se obtuvieron importantes avances gracias a los trabajos de Cooke

y Wheatstone, en Gran Bretaña, y de Morse y Vail, en los Estados Unidos. Tanto los sistemas británicos como los estadounidenses transmitían los mensajes codificados por medio de un hilo telegráfico. El código Morse, compuesto por impulsos de corriente cortos y largos (puntos y rayas) se hizo famoso, pero dejó de utilizarse en la telegrafía comercial a principios de este siglo.

Los telégrafos capaces de transmitir e imprimir el lenguaje normal se inventaron a mediados del siglo pasado. El francés Baudot los mejoró notablemente en la década de los sesenta de ese mismo siglo, inventando un nuevo código que facilitó la impresión de palabras por telegrafía, y un sistema con el que se podían transmitir varios mensajes al mismo tiempo, intercambiando las letras de cada uno de ellos para enviarlas simultáneamente por el mismo hilo. La teleimpresora, llamada actualmente teletipo, fue introducida en los años veinte de nuestro siglo. La generalización del uso de teletipos por entidades particulares, con la asignación correspondiente de un número o clave de identificación, es lo que conocemos hoy como redes del servicio *télex*, de forma que, un abonado que tenga a su servicio un teletipo puede transmitir cualquier mensaje escribiéndolo en su terminal, que se encarga de transmitirlo, a su vez, a la terminal del receptor elegido para que éste lo reproduzca de forma escrita.

**La telegrafía hoy** La telegrafía moderna se basa en su mayor parte en los inventos del pasado, aunque los ha supera-

do ampliamente. El cambio más espectacular ha sido seguramente la eliminación de los hilos para transmitir la señal de un punto a otro. Este tipo de mensajes de telegrafía por radioenlace se transmite en la banda de microondas, es decir, usando ondas de frecuencia muy alta. Las torres repetidoras de los radioenlaces, colocadas aproximadamente cada 50 km, han sustituido la imagen familiar de los antiguos postes, y pueden compartir las redes usadas para otros servicios de telecomunicación.

Hoy en día se utilizan cada vez más las estaciones emisoras y receptoras vía satélite, sobre todo para el tráfico internacional. Los satélites están situados a 35.900 km de altura, directamente sobre el Ecuador y en una órbita llamada geoestacionaria porque la posición del satélite queda fija permanentemente respecto a la Tierra. De hecho, el satélite está estacionado en un punto determinado. Los satélites se comunican con las estaciones terrestres por microondas. Un mensaje vía satélite puede viajar por radioenlace de microondas a la estación de satélites más cercana, y de aquí al satélite que la retransmite a la estación terrestre más cercana al punto de recepción, a donde llega a través de otro radioenlace. Para distancias superiores a 1.000 km, este sistema es más práctico y conveniente que la transmisión por radioenlace.

La comunicación vía satélite se utiliza fundamentalmente en tres tipos de telegrafía. El primero está formado por los telegramas, transmitidos normalmente por teléfono al operador, que los escribe a má-



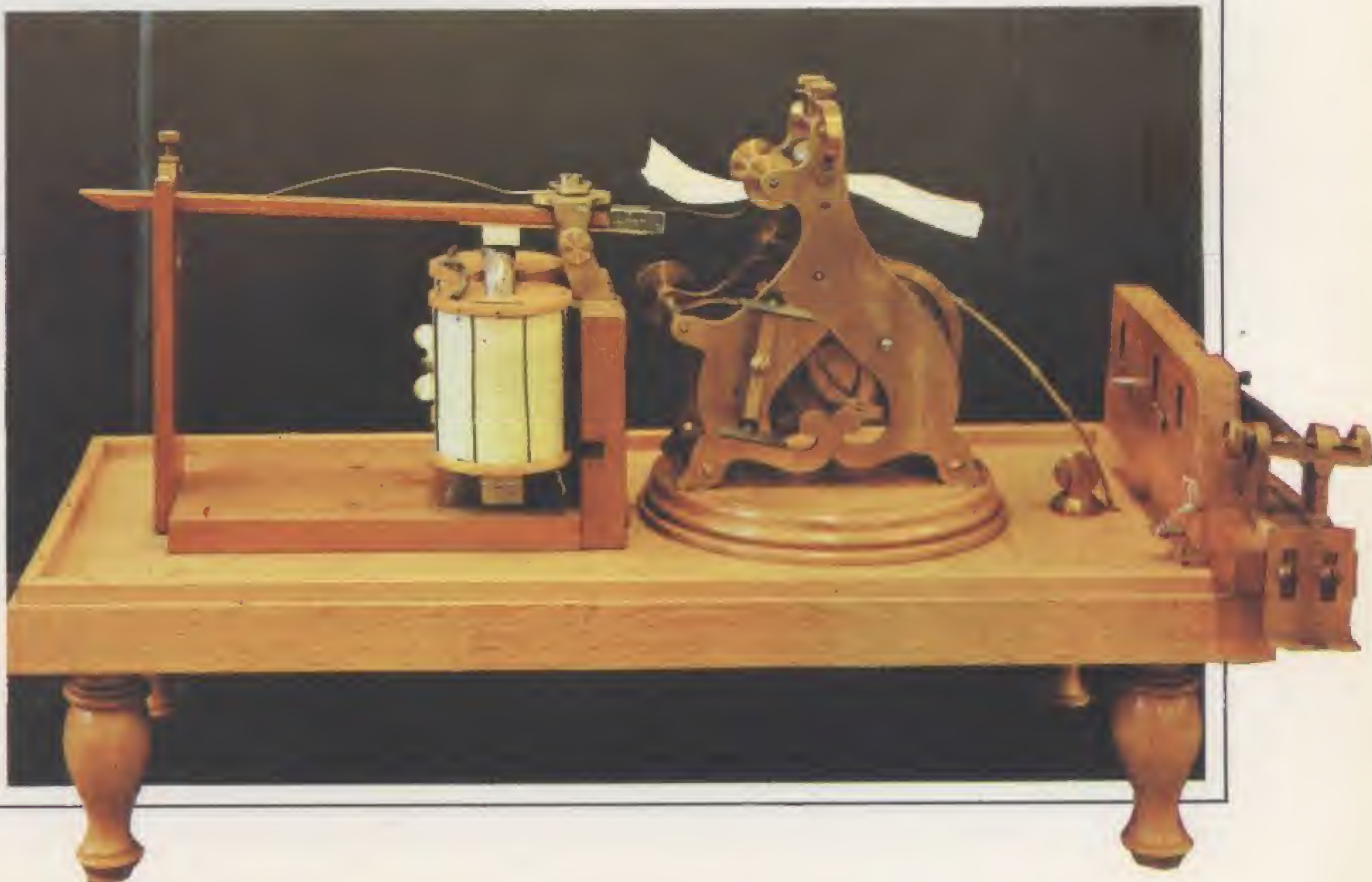
carácter	código Morse	símbolos	código Morse	código de impulsos para transmisión telegráfica	
A	· —	—	— · · · ·	● ● ○ ○ ○ ○	○ impulso de pausa contacto abierto
B	— · · ·	?	· · · · ·	● ○ ○ ● ● ●	● impulso de corriente contacto cerrado
C	— · · · ·	:	— · · · · ·	○ ● ● ● ● ○	
D	— · ·	◊	— · · · ·	● ○ ○ ● ● ○	
E	·	3	· · · · —	● ○ ○ ○ ○ ○	A... conmutación letras
F	· · · · ·	1	· · · · ·	● ○ ● ● ● ○	
G	— · · ·	2	— · · · ·	○ ● ○ ● ● ●	
H	· · · ·	4	· · · · ·	○ ○ ● ○ ○ ●	
I	· ·	8	— · · · ·	○ ● ● ● ○ ○	1... conmutación cifras
J	· — · — ·	Ⓜ	— · · · ·	● ● ○ ● ● ○	
K	— · — ·	(	— · · · ·	● ● ● ● ● ○	
L	· — · ·	)	— · · · ·	○ ● ○ ○ ○ ●	
M	— —	.	— · · · ·	○ ○ ● ● ● ●	Sp espacio
N	— ·	.	— · · · ·	○ ○ ● ● ● ○	
O	— — —	9	— · · · ·	○ ○ ○ ● ● ●	
P	· — · —	0	— · · · ·	○ ● ● ● ○ ●	
Q	— — · —	1	· · · · ·	● ● ● ● ○ ●	
R	· — ·	4	· · · · ·	○ ● ○ ● ● ○	
S	· · ·	.	— · · · ·	● ○ ● ● ○ ○	timbre
T	—	5	· · · · ·	○ ○ ○ ○ ○ ○	
U	· · —	7	— · · · ·	● ● ● ● ○ ○	
V	· · · —	=	— · · · ·	○ ● ● ● ● ○	
W	· — —	2	— · · · ·	● ● ○ ○ ○ ●	
X	— · —	/	· · · · ·	● ○ ● ● ● ●	RC = retorno del carro
Y	— · — —	6	— · · · ·	● ○ ● ● ○ ○	
Z	— — —			○ ○ ○ ○ ○ ○	
RC				○ ○ ○ ○ ● ○	
AL				○ ● ○ ○ ○ ○	
1				● ● ● ● ● ●	
A				● ● ● ● ● ●	
Sp				○ ○ ● ○ ○ ○	
◊				○ ○ ○ ○ ○ ○	
ñ	— · · · ·	ñ	— · · · ·		◊ = ✖ ¿quién es?
ch	— · · · ·	ä	— · · · ·		
ä	· · · · ·	ö	— · · · ·		
! !	· · — · ·	:	— · · · ·		
error	· · · · ·				
correcto	· · · · ·				
fin	· · · · ·				

Una estación telegráfica está formada por un manipulador, para transmitir las señales, y un receptor. El manipulador es un conmutador eléctrico con una tecla que cierra dos circuitos de forma alterna. En la fase de transmisión, cada vez que se aprieta la tecla se cierra un contacto, conectado a una batería que tiene el otro polo conectado a tierra. De esta forma se envía por la línea una corriente de la misma duración que el tiempo de pulsación de la tecla. En la parte receptora, el impulso de corriente llega a un electroimán que, al excitarse, atrae a una plaquita que, a su vez, posee en su otro extremo una laminilla situada bajo un rollo de papel. Encima tiene una ruedecita impregnada en tinta por el contacto con un rodillo. Cada vez que se levanta la plaquita, la laminilla empuja la cinta de papel, en movimiento continuo durante la transmisión, hasta que se pone en contacto con la ruedecilla, de forma que quede impresa una línea de longitud proporcional a la duración del impulso de corriente. Samuel Morse inventó un alfabeto apto para transmitir con su telégrafo (abajo), en el que cada letra o símbolo está representado por un grupo de puntos y rayas. Las rayas y los puntos se realizan con impulsos de corriente más o menos largos.

quina en un terminal conectado al sistema. Después se retransmiten a una estación cercana al receptor, desde donde se entregan en mano, se comunican por teléfono o se mandan por correo.

El segundo tipo es el de la red de abonados al teletipo. Cualquiera puede tener un teletipo instalado y utilizarlo como el teléfono para enviar mensajes a otros abonados. Las sociedades que explotan estas redes de teletipos publican guías de sus abonados, gran parte de los cuales son organizaciones comerciales.

El tercer tipo de comunicación telegráfica, y el más importante, es la llamada telegrafía de línea privada. Esta red se utiliza para conectar entre sí las distintas ramas de una única organización (por ejemplo, una red de reservas hoteleras), pero sin que un usuario exterior pueda acceder a ella.





# Telemática

Una escena muy común en el mundo actual es la del telespectador sentado pasivamente y con la mirada fija ante la pantalla de su televisor. Sin embargo, comienza a advertirse un cambio importante, ya que los televisores se están convirtiendo en instrumentos de uso activo. En efecto, hoy en día el espectador también se sitúa ante una pantalla silenciosa, pero esta vez puede introducir instrucciones en su aparato a través de un teclado y acceder a diversos servicios de información y de transmisión de datos que permiten su entrada a un mundo en el que puede participar activamente. Puede informarse sobre la adquisición de una casa en las cercanías, vender mercancías o programar sus vacaciones. Puede, simplemente, conocer los resultados de las últimas competiciones deportivas, las previsiones meteorológicas o encargar determinados productos. También puede desarrollar parte de su trabajo de oficina en casa, enviando informes a sus compañeros o socios. La pantalla de televisión, que había sido hasta ahora básicamente un instrumento de entretenimiento, está empezando a convertirse en la protagonista principal de otras muchas actividades, especialmente en lo que respecta a la transmisión de información y comunicación bidireccional. Aprovechando conjuntamente la capacidad de la televisión, el teléfono y el ordenador, los técnicos están desarrollando el mundo de la llamada *telemática*, en la que destacan los servicios de teletexto y videotex.

**Información unidireccional** Los servicios telemáticos más comunes en la actualidad se pueden dividir en dos grandes grupos: los sistemas unidireccionales, que

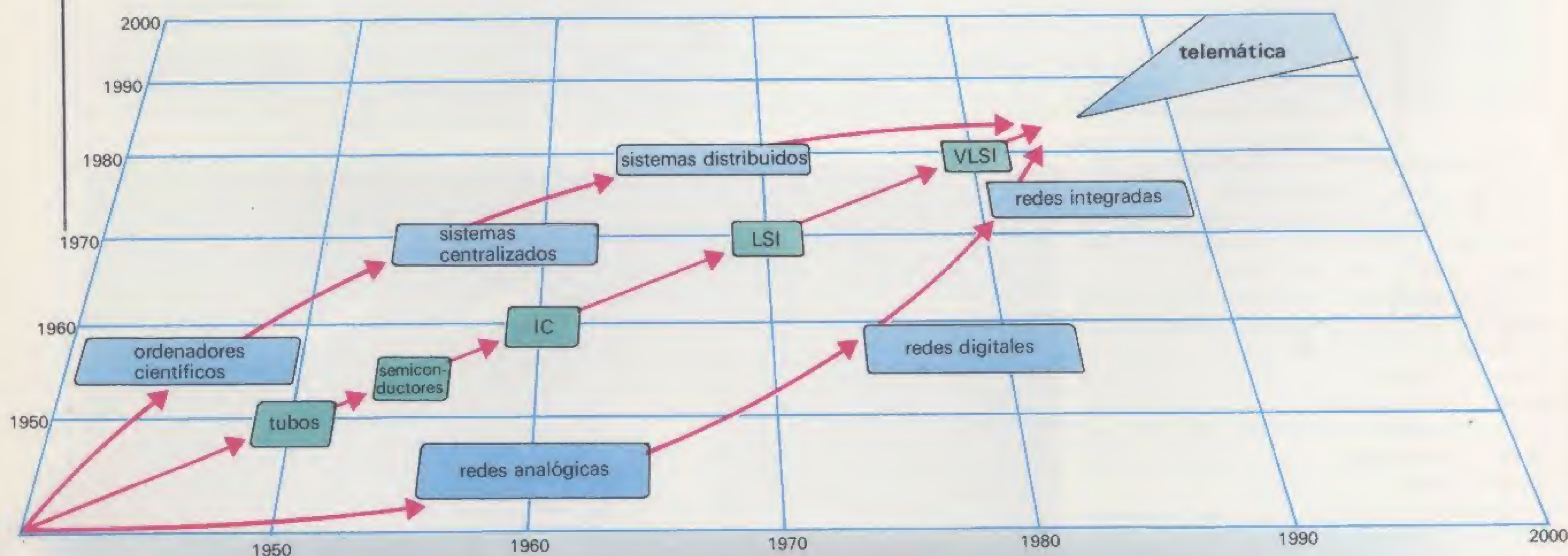
permiten únicamente obtener información, y los sistemas bidireccionales, que permiten determinar la información que se quiere recibir. El sistema de información unidireccional, conocido con el nombre de *teletexto*, presenta las ventajas de un coste reducido, amplia difusión y facilidad de instalación. Esto se debe al hecho de que la información se emite en la misma señal de la televisión normal y se puede recibir en cualquier televisor con sólo añadir un pequeño aparato. Este servicio también se puede ofrecer a través de la televisión por cable. El teletexto es prácticamente un "periódico electrónico" que difunde información, actualizada por los operarios del centro emisor, sobre previsiones meteorológicas y de tráfico, resultados deportivos y noticias financieras. La mayor limitación del teletexto es la poca extensión de que dispone para emitir información en cada transmisión. Las emisoras de televisión que emiten sus programas normales pueden proporcionar también el teletexto como un servicio público.

La imagen de televisión está formada por un determinado número de líneas (625 en Europa, salvo Francia y Reino Unido, y 525 en EE UU), pero quedan algunas líneas libres, en las zonas superior e inferior de la pantalla, donde puede acoplarse la información necesaria para las exigencias del teletexto. Antes de introducir la información en el sistema teletexto, es necesario traducirla previamente al lenguaje digital del ordenador, en el que cada símbolo y cada carácter corresponden a una secuencia de números. Estas señales codificadas sólo pueden ser recibidas por aquellos usuarios cuyo televisor esté dotado de un decodificador interno o esté conectado a un sistema por cable,

mediante un adaptador. El decodificador registra los datos de la "página" (la pantalla llena de información) en una zona de memoria y los envía a la pantalla cuando el usuario lo "pide" mediante un pequeño teclado parecido a una calculadora o a un mando a distancia. El usuario puede optar por varias operaciones para visualizar los datos en el teletexto: una de ellas es elegir entre la programación normal de televisión o la información del teletexto; otra es la de programar el decodificador para que interrumpa los programas normales con mensajes especiales en la base de la pantalla. También puede programar el aparato para visualizar continuamente los datos de teletexto enmarcados en un recuadro que aparece en una esquina de la pantalla.

El mayor problema de esta falta de espacio es que mientras el teletexto utilice sólo unas pocas líneas de la pantalla, únicamente podrá contener unas cien páginas. Por el contrario, si se dedicara un canal completo de televisión al teletexto, el número de líneas disponible permitiría transmitir varios miles de páginas. Incluso, junto a las noticias de información general, podría ofrecerse información útil para determinadas profesiones.

**El sistema bidireccional** Mediante el teletexto, el usuario sólo puede ver en su pantalla la información que alguien envía desde algún lugar y, aunque esta información se actualice constantemente, tiene una extensión limitada. Por el contrario, los usuarios que tienen acceso a un ordenador, tienen a su disposición, a través del terminal, un potencial de millones de páginas de información, por lo que es indispensable que puedan solicitar al banco de



La telemática nace de la confluencia de los sectores de telecomunicación e informática. Este diagrama intenta

representar la aparición a lo largo del tiempo de los inventos que han llevado al nacimiento de la telemática. Hacia

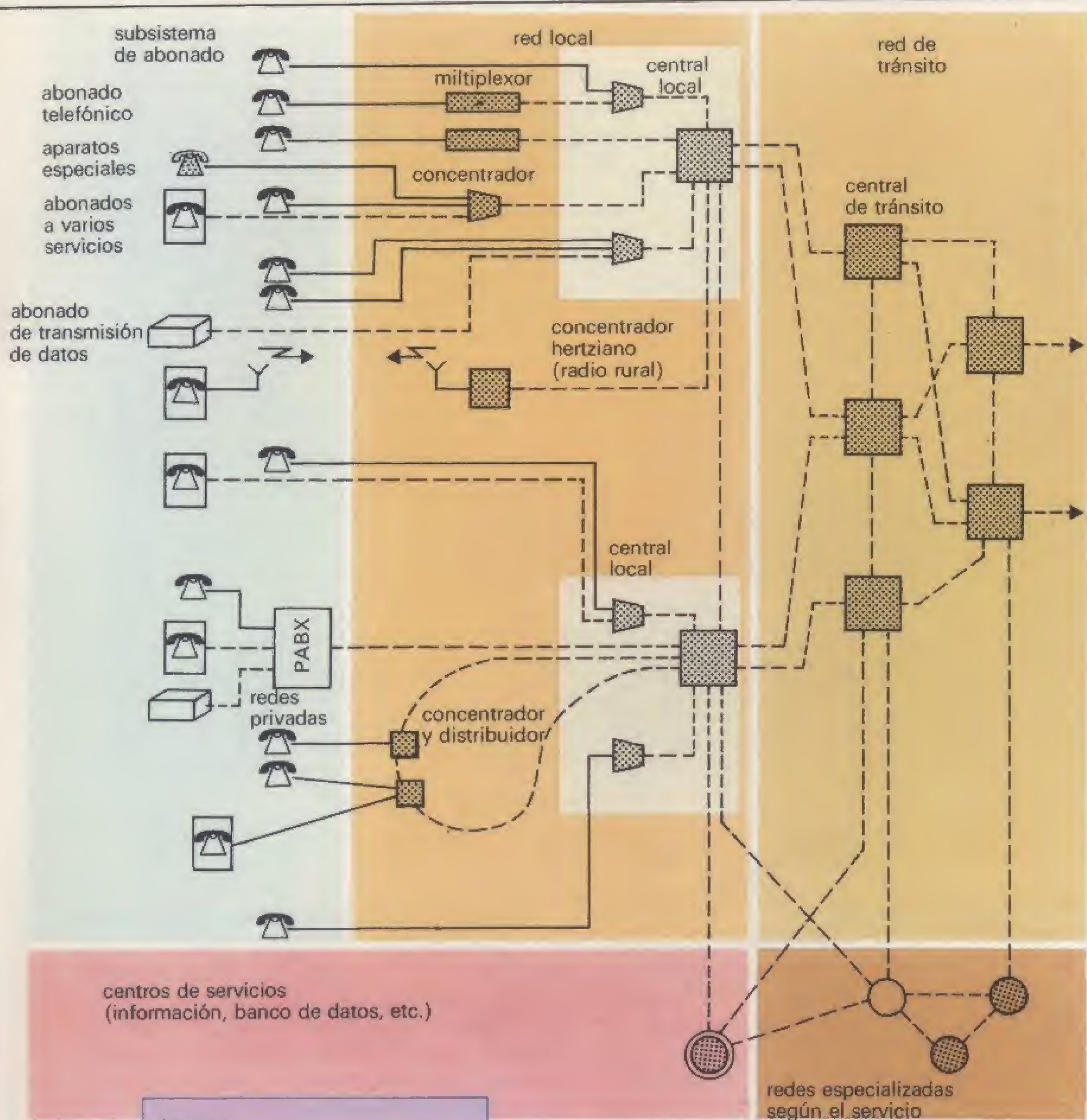
el frente están situadas las etapas más relacionadas con la informática: desde los simples ordenadores científicos a los

sistemas distribuidos. En la zona central se encuentran los componentes físicos de los sistemas de las válvulas termoiónicas

o tubos de vacío a los circuitos integrados (IC), en escalas de integración cada vez más avanzadas (LSI, integración

a gran escala; VLSI, integración a escala muy grande). Hacia la derecha, evolución de las redes de telecomunicación.





datos sus necesidades. En esto se basa el sistema videotex.

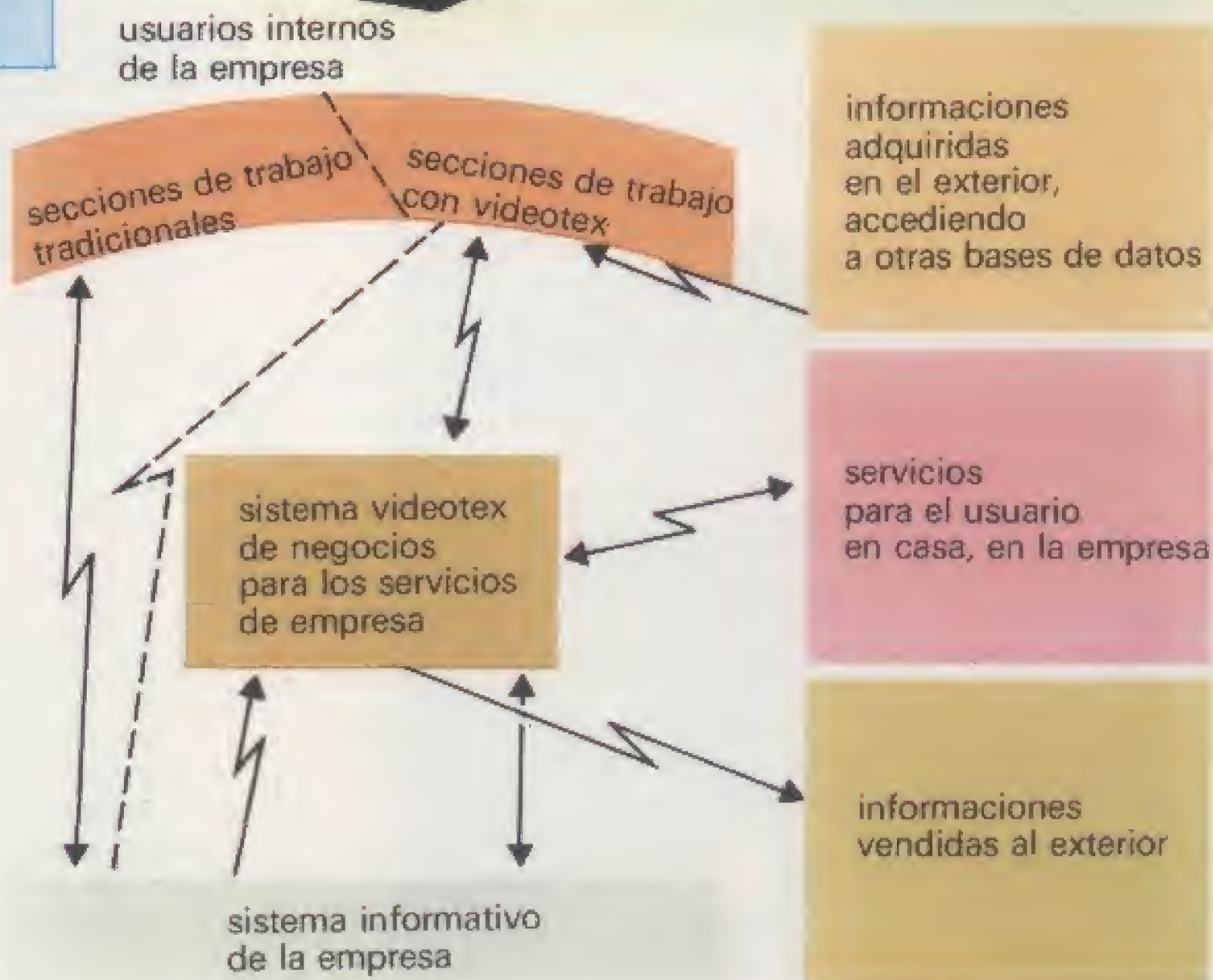
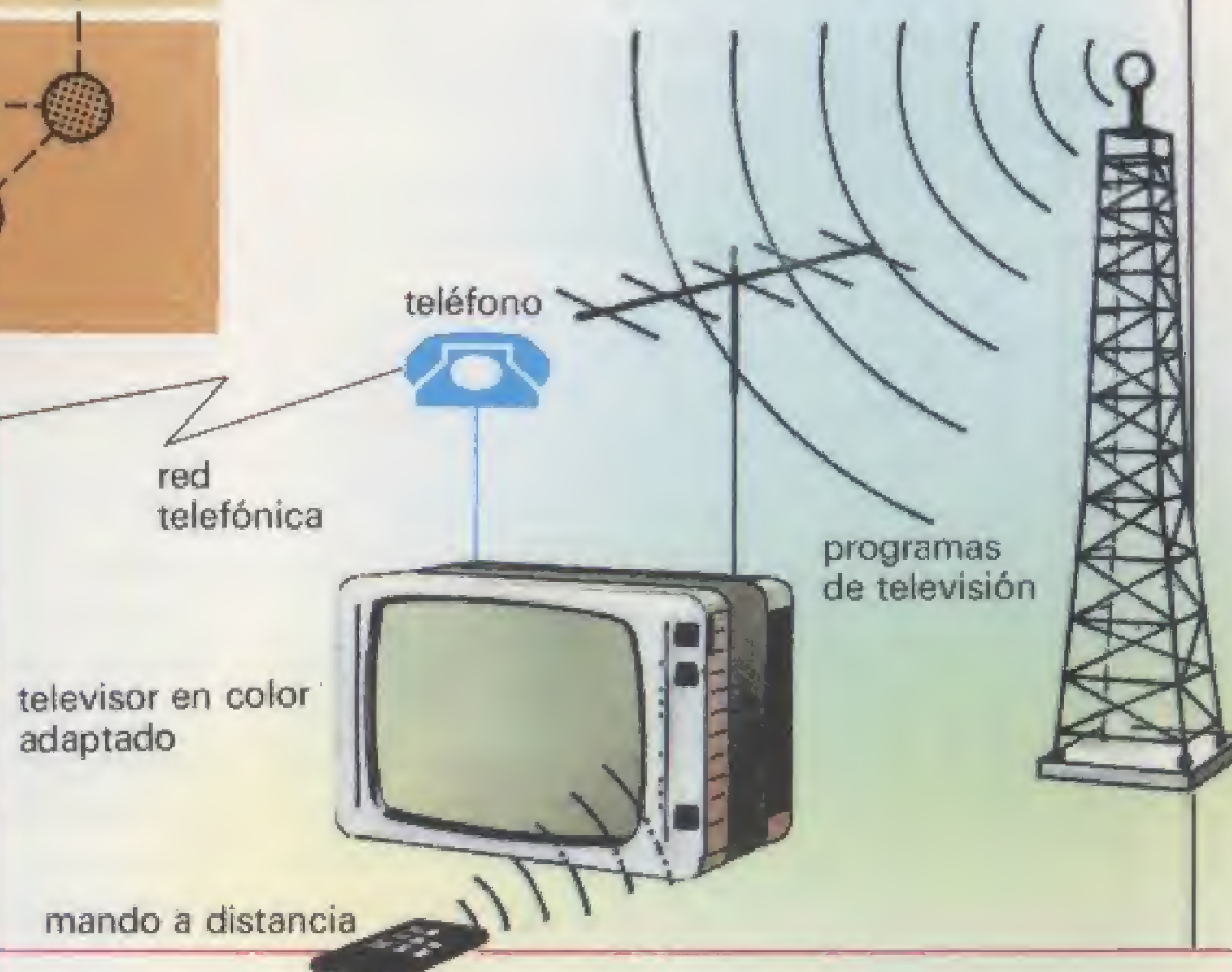
En 1979, Reino Unido lanzó el sistema llamado *Prestel*, con lo que se convirtió en el país líder en tecnología videotex. Sin embargo, otros países han trabajado activamente en programas parecidos, como Francia (*Télétext*), República Federal Alemana (*Bildschirmtext*), Holanda (*Viditel*), España (*Videotex*), Finlandia (*Telset*), Suecia (*Datavision*), Estados Unidos (*The Source*), Canadá (*Télidon*) y Japón (*Captain*). Una de las razones que ha permitido el rápido desarrollo de la telemática en Europa ha sido el control de los gobiernos sobre las mayores redes de telecomunicación, lo que ha simplificado la coordinación y la planificación financiera de estos sistemas.

El coste del videotex es sensiblemente superior al del teletexto, debido a que, ante todo, se necesita un ordenador de gran capacidad para almacenar los datos y responder a las exigencias de un gran número de usuarios. Además, el ordenador y los dispositivos de archivo de datos conllevan elevados gastos de mantenimiento y, en último lugar, se necesita una red de comunicación eficaz entre el ordenador central y cada uno de los usuarios, que suele ser el problema principal. Igual que ocurre en el teletexto, los datos se almacenan en forma digital, se transforman

bancos
compañías aéreas
transportes
venta sobre catálogo
agencias de viajes
periódicos
editoriales
reserva en hoteles
oferta/demanda de trabajo
noticias financieras
reservas en cines/teatros

proveedores de información y servicios

bases de datos videotex  
bases de datos públicas y privadas de otros países con las que se puede comunicar

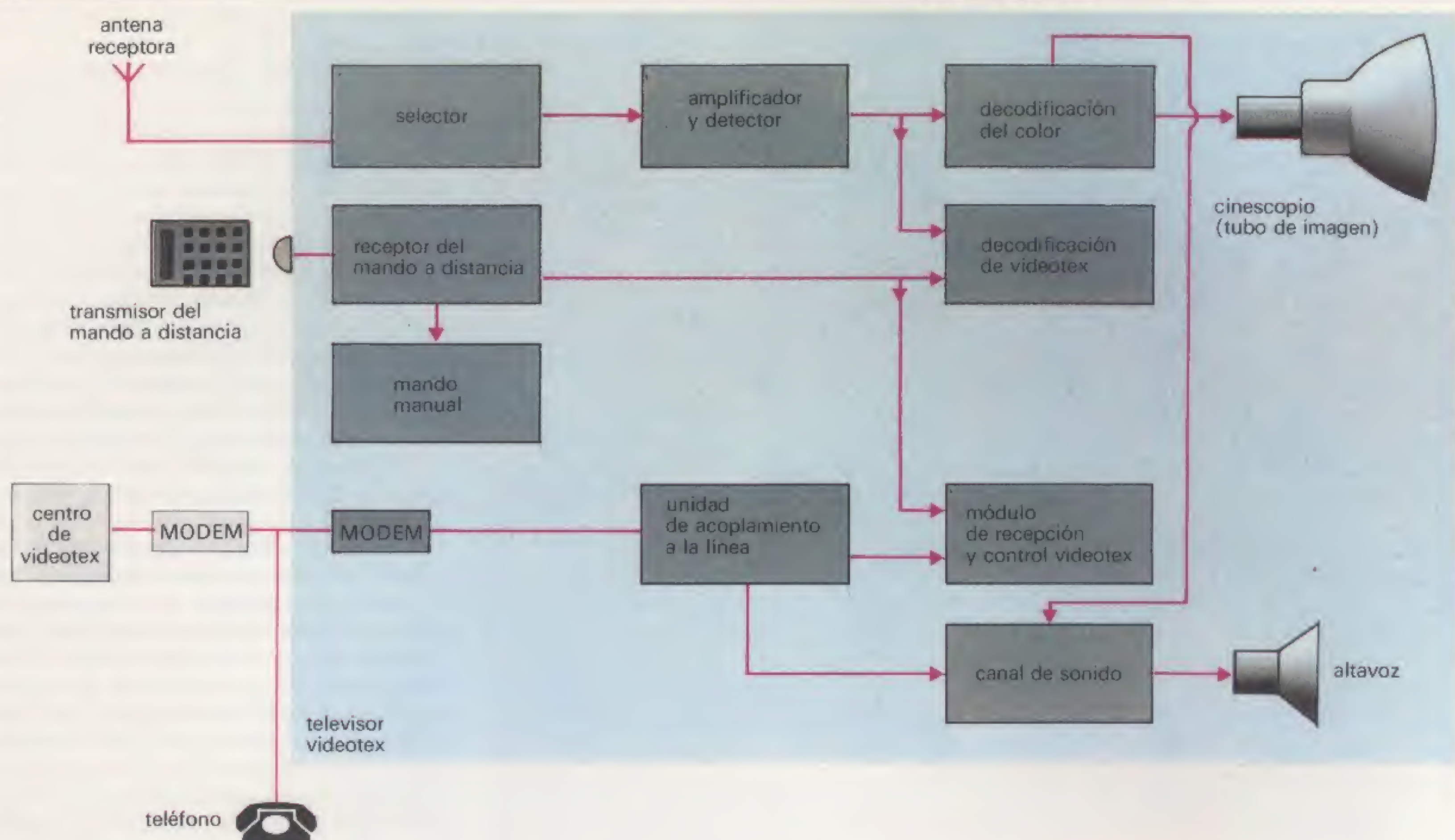


El diagrama de arriba reproduce la estructura de una posible futura red integrada de telecomunicaciones en la que las líneas transmitirían, aparte de las conversaciones telefónicas normales, distintos tipos de la transmisión de datos. En cambio, el esquema de arriba resume las posibilidades que ofrece el sistema

videotex en lo que respecta a la distribución de servicios e información; a la derecha, la forma de introducir un sistema privado de videotex en una empresa. El videotex es un sistema bidireccional; los usuarios, mediante un proceso que utiliza la línea telefónica, la pantalla del televisor y un teclado adecuado pueden elegir en su

casa una entrada de interés general siguiendo un índice alfabético, por ejemplo "tiempo libre". Después se puede restringir la elección dentro de esta indicación: por ejemplo, "espectáculos"; se van siguiendo pasos sucesivos especificando cada vez más la pregunta hasta la obtención de la información deseada.





en señales analógicas para transmitirlos por las líneas telefónicas y se reconvierten en señales digitales antes de su decodificación, lo que permite su visualización en la pantalla del televisor.

La información disponible es enorme: enciclopedias enteras, juegos y rompecabezas, perfiles de organizaciones, clasificaciones y descripciones de locales y propiedades en venta, además de toda la información que proporciona el teletexto. Casi toda la información se puede recibir en la pantalla en forma de esquemas y diagramas en color. Todo ello puede ser proporcionado al usuario que quiera abonarse o, en algunos casos, como servicio público normal. Los usuarios deben pagar por la utilización de las líneas de teléfono (como en el caso de las llamadas telefónicas), además de abonar una determina-

da cantidad extra por cada página de información pedida, para cubrir los gastos de recopilación y actualización de datos.

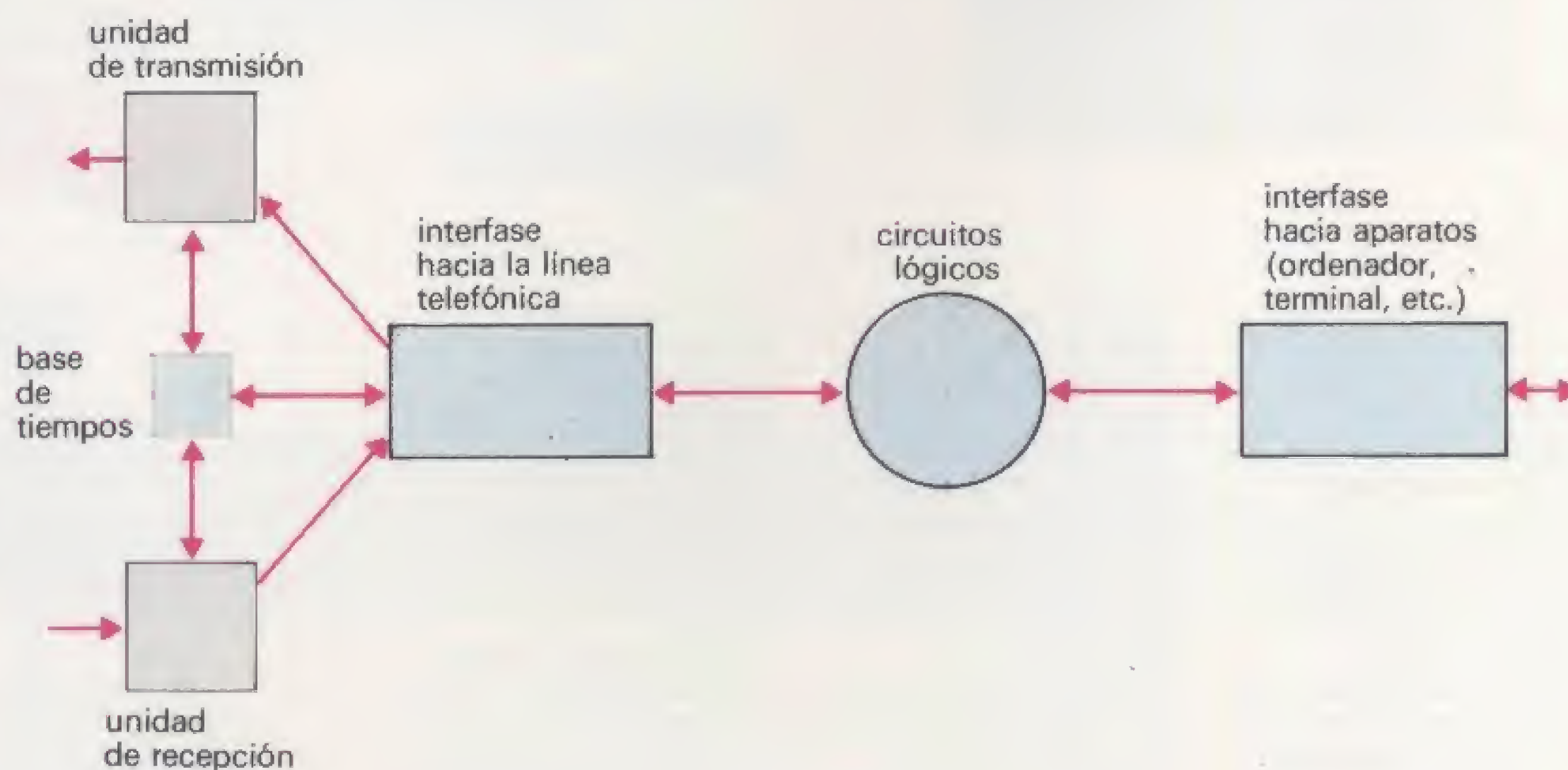
Las principales limitaciones actuales de los sistemas videotex basados en la transmisión por línea telefónica son la baja velocidad de transmisión y las escasas posibilidades de transmitir imágenes. Esto se debe al hecho de que las líneas telefónicas normales están concebidas para transmitir en una banda de frecuencias estrecha, suficiente para transmitir la voz, pero ineficaz para transmitir grandes cantidades de datos. Una alternativa inmediata es la televisión por cable, que tiene una enorme capacidad para transmitir datos. Sin embargo, los miles de líneas de televisión por cable que existen son unidireccionales y sería costosísimo modificarlas para permitir una transmisión bidireccional.

**El impacto de la telemática** En el caso de la telemática, como en cualquier otra tecnología, no se puede conocer *a priori* en qué medida modificará nuestras vidas. Los investigadores especulan sobre la dispersión de la población, debido a que no será necesario crear centros comerciales urbanos concentrados. Probablemente, también cambiará el panorama en algunos centros de trabajo, al comprobar que pueden realizarse muchas tareas a través de un terminal doméstico de bajo coste. Sin embargo, como en el caso de otras innovaciones tecnológicas, se pueden producir efectos colaterales indeseables, al menos a corto plazo, como la desaparición de puestos de trabajo.

Véase **Banco de datos; Información, recuperación de la; Ordenador; Teléfono; Televisión**

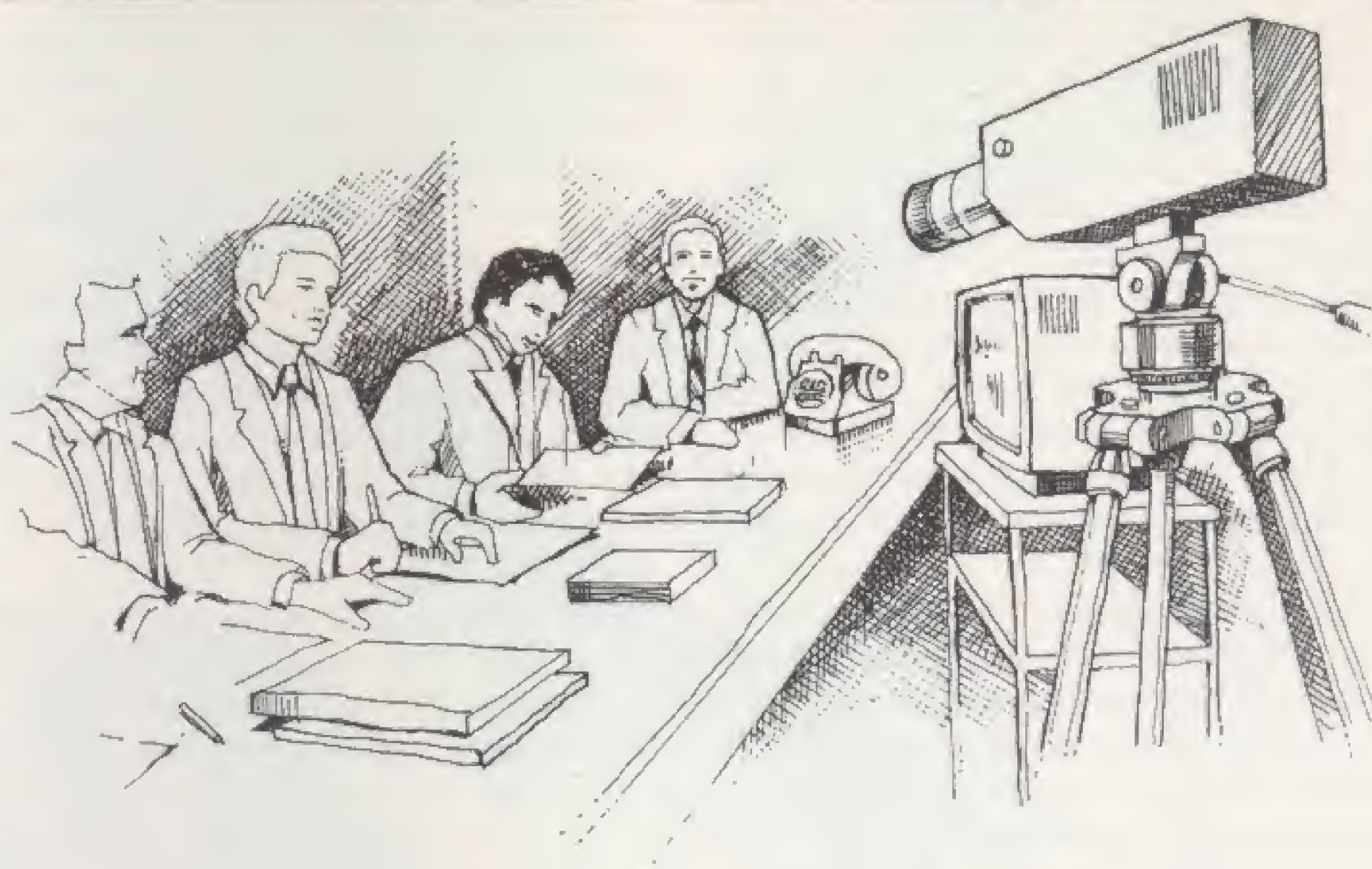
Arriba, el esquema de un televisor preparado para recibir señales de teletexto; a la derecha, el esquema de un **MODEM** (modulador-demodulador). El MODEM es un dispositivo fundamental para todas las aplicaciones de telemática que utilizan líneas telefónicas analógicas con centrales de conmutación: los datos están codificados en forma digital (numérica) en los aparatos de proceso de información, mientras que las señales que pueden circular por las líneas telefónicas convencionales son

continuas (analógicas). El MODEM efectúa la conversión de las señales analógicas que llegan por la línea en señales digitales para los terminales de proceso y, a la inversa, la conversión de las señales digitales de salida de un sistema de proceso en señales analógicas que pueden viajar por la línea telefónica. El MODEM no se utiliza únicamente en aplicaciones como pueden ser el teletexto o el videotex, sino en todas las formas de transmisión de datos a través de una red analógica de comunicaciones.





Ya no es necesario el desplazamiento físico de los asistentes a una reunión de negocios desde sus puntos de origen hasta una sede determinada: la teleconferencia permite que los participantes establezcan un coloquio directo teniendo un control constante de la identidad del interlocutor. Las imágenes transmitidas pueden ser más lentas que las reales, pero sirven para asegurar la identificación de los conferenciantes.



Una de las aplicaciones más interesantes de la telemática es la llamada *telemedicina*. Gracias a la existencia de aparatos portátiles que se pueden conectar a las líneas telefónicas normales, el médico puede enviar electrocardiogramas, imágenes biomédicas, señales biológicas de audio y video, etc., a un centro especialmente equipado, y recibir informes clínicos e información de todo tipo. De esta manera se aseguran diagnósticos y tratamientos de urgencia en aquellos puestos de socorro que resulten más adecuados al caso y que se encuentren más próximos al lugar donde se halla el paciente. Igualmente, este sistema permite el aprovechamiento, por parte de puestos de socorro periféricos, hospitales y ambulatorios, de aquellos servicios más sofisticados, de los que disponen únicamente los grandes centros hospitalarios.





# Telescopio y radiotelescopio

**L**a luz que llega a la Tierra, procedente de los más remotos lugares del Universo, ha necesitado millones de años para recorrer las enormes distancias que separan esos lugares de nuestro planeta. Sin embargo, sólo la luz procedente de los astros más cercanos y luminosos es perceptible por nuestros ojos. Para poder vislumbrar más allá de nuestros alrededores estelares es necesario el uso de telescopios. (El término tiene su origen en las palabras griegas *tele*, "desde lejos", y *skopos* "observador").

Todos los telescopios ópticos, es decir, aquellos que permiten la captación de radiación dentro del campo visible del espectro, constan de los mismos elementos básicos de recepción: una *lente objetivo* o un *espejo receptor*, que permiten concentrar el haz de radiación en un punto, donde se coloca una lente (*ocular*) que la recoge y focaliza, permitiendo, así, la observación magnificada de la imagen.

En algunos casos, el ocular puede ser sustituido por otros instrumentos, como cámaras fotográficas, receptores de fotometría o espectrometría, según sea la finalidad de la observación.

En los últimos años se ha dado preferencia a los telescopios diseñados específicamente para tomar fotografías, ya que permiten realizar estudios y comparaciones posteriores.

**Funcionamiento: la recepción de la radiación** Es ésta la función principal de un telescopio. Imaginemos que los corpúsculos luminosos (fotones) que nos llegan son como gotas de agua. Si intentamos recogerlas con un recipiente, evidentemente, cuanto mayor sea éste mayor será la cantidad de gotas recogidas. Análogamente, cuanto mayor sea la superficie receptora de la radiación, es decir, la abertura del telescopio, tanto mayor será la cantidad de radiación captada.

**Resolución** Se entiende por poder de resolución de un telescopio, su capacidad para formar imágenes separadas de objetos estelares que se encuentren muy cerca unos de otros. Por lo general, las lentes de los telescopios son casi perfectas, de modo que el límite de resolución lo da, fundamentalmente, la turbulencia de la atmósfera terrestre.

En los casos que presentan mayor dificultad, puede ser necesario recurrir a la ayuda de los radiotelescopios, instrumentos muy precisos capaces de detectar la presencia de distintos astros a partir de las radioondas que éstos emiten.

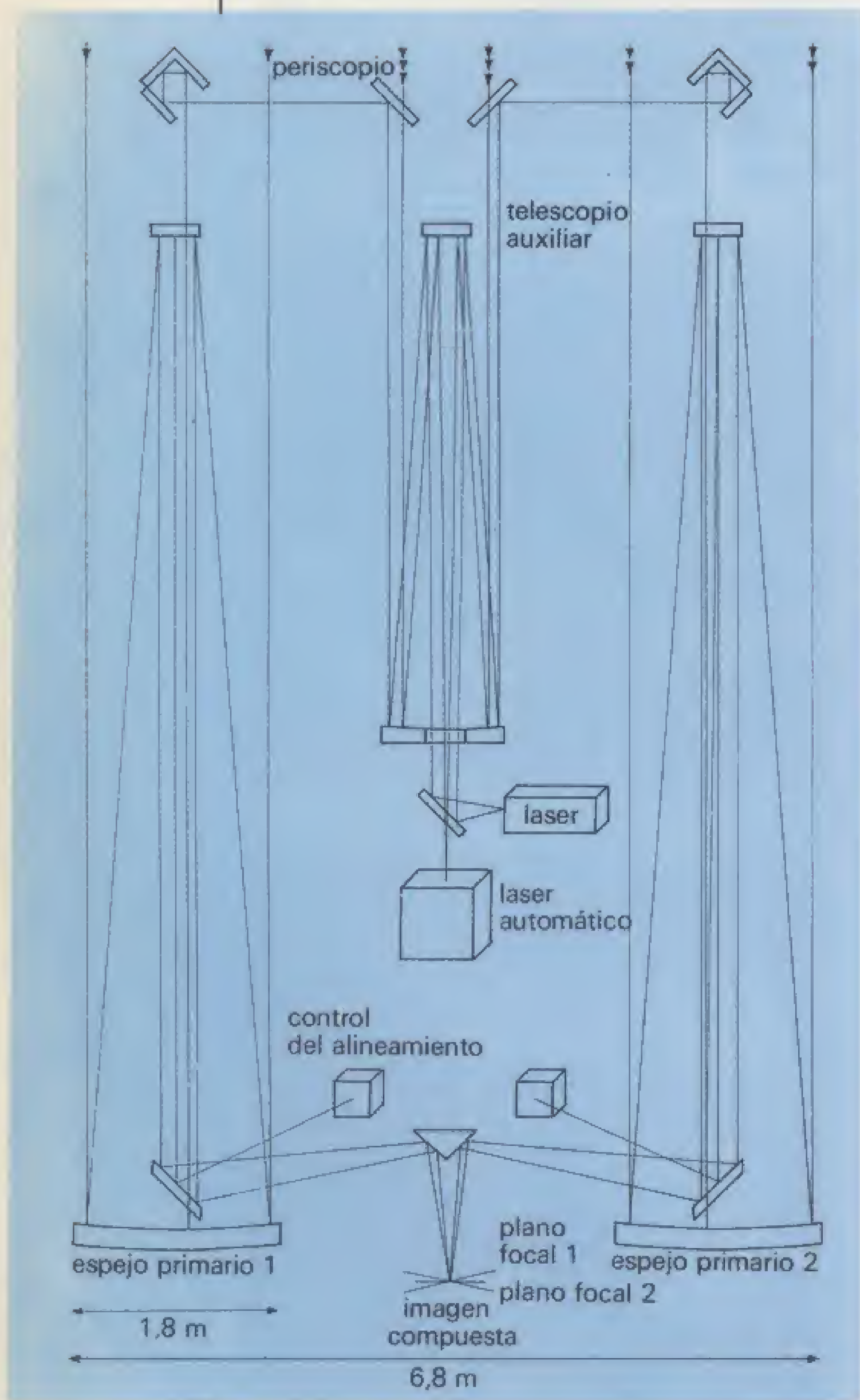
**Aumento** Al igual que un microscopio, también un telescopio permite la magnificación de imágenes. Pero mientras que el microscopio cumple la función de obtener imágenes aumentadas de un objeto pequeño y próximo, el telescopio obtiene imágenes aumentadas de grandes objetos lejanos. Cuanto mayor sea la superficie receptora u objetivo del telescopio, mayor será el poder de magnificación de éste. A simple vista pueden distinguirse estrellas de magnitud 6,2. Con un telescopio de  $D$  centímetros de diámetro, se puede observar estrellas que son hasta  $1,5 D^2$  veces más débiles que las visibles a simple vista.

**Telescopios refractores** El refractor es el tipo más sencillo y clásico de telescopio. Consta de un tubo largo y sólido (por lo tanto, generalmente muy pesado) en una de cuyas extremidades se adapta el objetivo, que forma la imagen del objeto, mientras que en la otra se adapta el ocular, formado por dos lentes, que permite al ojo ver esa imagen. El objetivo suele ser una lente gruesa y de gran tamaño con forma convexa, es decir, con la superficie curva dirigida hacia el exterior.

Al llegar a la lente del objetivo, todos los rayos de luz que inciden sobre ella son ligeramente desviados, de forma que convergen en un mismo punto llamado *foco*. La distancia existente entre el centro de la lente objetivo y su foco se denomina *distancia focal* de la lente. Tras pasar por el foco, los rayos de luz continúan su recorrido y llegan al ocular donde son nuevamente desviados. Tras experimentar esta nueva refracción, se vuelve a formar el haz de rayos paralelos, de forma que pueden ser recibidos por el ojo o por una cámara fotográfica, ya que, tanto uno como otro tienen sus propias lentes y pueden reproducir la imagen magnificada del objeto observado.

La imagen que el objetivo proyecta en su foco y que, posteriormente, ha de ser ampliada por el ocular, se forma invertida, lo que da lugar a que los telescopios estén equipados con un sistema de dos lentes dobles y convexas que se intercalan entre el objetivo y el ocular, y cuya misión consiste en "enderezar" la imagen, es decir, invertirla nuevamente. En algunos tipos de telescopios, este fenómeno de inversión se corrige colocando el ocular antes del punto focal.

El principal problema que se plantea con los telescopios en cuyo sistema óptico figuran lentes es el de la aberración cromática. Las lentes simples, es decir, las fabricadas con material homogéneo, refractan la luz que las atraviesa bajo ángulos distintos, según sea la longitud de onda de las diversas radiaciones que la componen. En el espectro de la radiación electromagnética, la zona visible comprende una banda de diversas longitudes de onda, cada una correspondiente a un color. Como la distancia focal de la lente no es la misma para las distintas longitudes de onda, si un color se encuentra en el foco, los otros no lo estarán. Como la luz proveniente de un objeto está, generalmente, formada por varios colores, se obtendrá una imagen borrosa. Este fenómeno óptico se conoce por el nombre de *aberración cromática*. Cuanto mayor sea la curvatura de la lente, mayor será su capacidad para refractar la luz bajo distintos ángulos. Los modernos telescopios refractores deben, por lo tanto, disponer de objetivos acromáticos, es decir, lentes especiales fabricadas con vidrios de distinta composición; sólo con este tipo de lentes es posible hacer converger todos los rayos en un mismo foco. A pesar de que, en este sentido, un refractor es siempre inferior a un reflector.



El telescopio de espejos múltiples (junto a estas líneas) representa una gran conquista en el campo del estudio óptico de los fenómenos astronómicos. Se trata de un telescopio compuesto por seis telescopios elementales, de 1,80 metros de diámetro cada uno, fijados conjuntamente sobre una misma montura metálica. De esa manera, se consigue un instrumento compuesto, equivalente a uno simple de 4,5 metros de diámetro. Cada uno de los seis espejos primarios está formado por dos planchas de silicio montadas sobre una estructura también de silicio. Los seis espejos elementales se disponen de forma que su superficie global sea lo más similar

posible a la de un único espejo primario. En cada uno de los seis telescopios elementales del conjunto hay tres espejos —primario, secundario y terciario— que reflejan sucesivamente los rayos de luz. Aparte, un espejo piramidal de seis caras recibe y combina las imágenes separadas, procedentes de los seis telescopios elementales. El seguimiento estelar, es decir, el movimiento autónomo del telescopio cuyo fin es compensar el movimiento de rotación terrestre, se realiza automáticamente, mediante un microordenador. En la actualidad, este tipo de telescopio se usa, preferentemente, para el estudio de cuasares (objetos cuasi estelares).



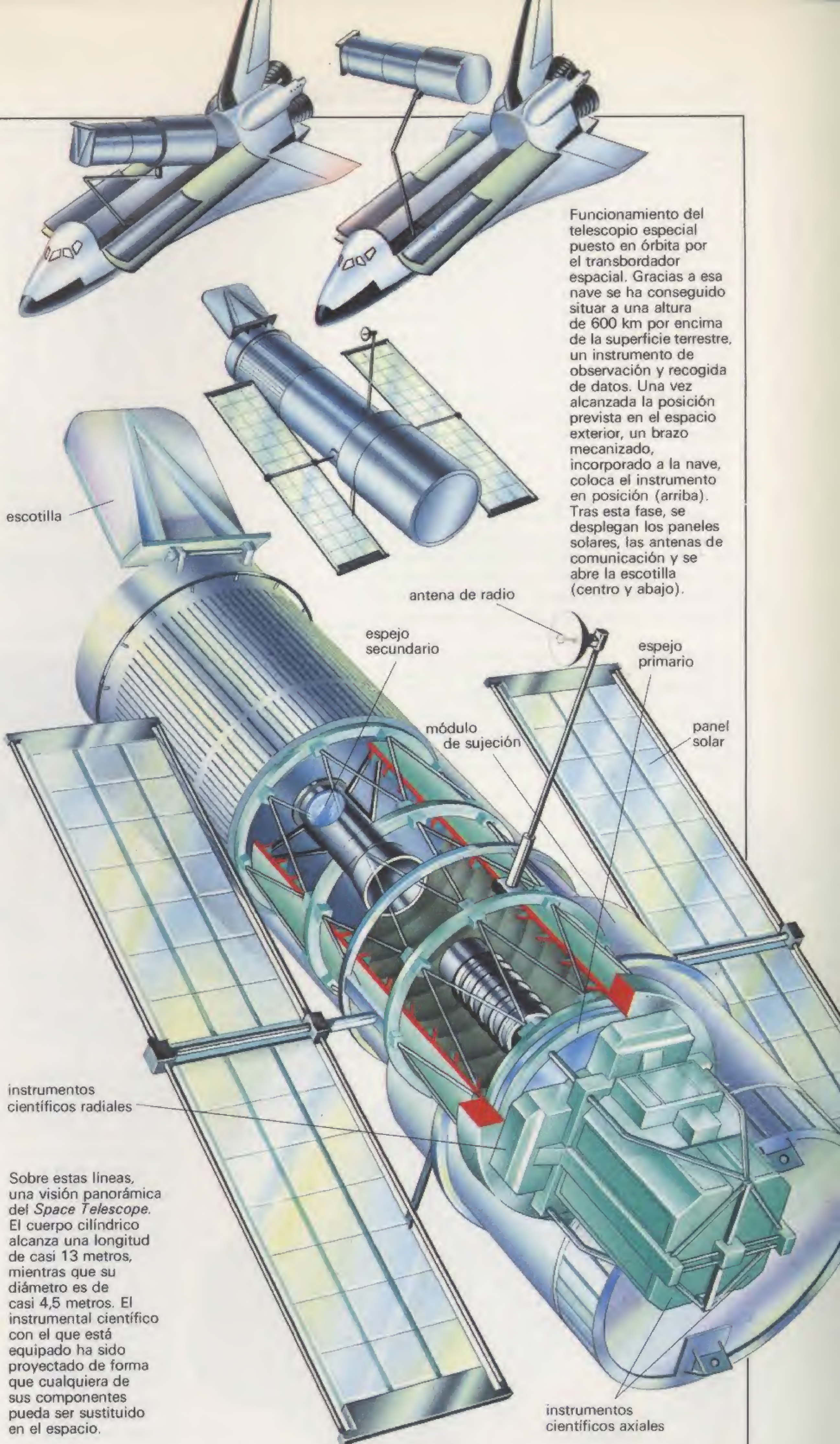
**Telescopios reflectores** En los telescopios reflectores, la lente que constituye el objetivo de los refractores es reemplazada por un espejo, o sistema de espejos, que cumple, con menos problemas, las funciones de aquél. Para una misma abertura, es mucho más económico construir un espejo que una lente. Los espejos utilizados normalmente son curvos y pueden tener distintas formas: esféricas, parabólicas, hiperbólicas y elípticas. Estas formas corresponden a las superficies determinadas por la rotación en torno a su eje, de una circunferencia, una parábola, una hipérbola y una elipse, respectivamente. La principal ventaja en el uso de espejos es que carecen de aberración cromática, y, por tanto, conducen la luz de todos los colores al mismo foco. En los telescopios reflectores, el punto focal puede situarse, como veremos, en distintas posiciones, lo que permite clasificarlos en distintos tipos.

**Telescopio newtoniano.** Fue ideado por Isaac Newton y el objetivo, situado en la base del tubo, está constituido por un espejo cóncavo parabólico. El haz convergente de luz, procedente del espejo parabólico, es desviado a través de un orificio situado en la parte lateral del tubo por medio de un espejo plano ubicado en el interior del mismo, entre el espejo parabólico y su foco primario. Este espejo plano, llamado *plano diagonal* o *de Newton*, se encuentra sobre el eje principal del telescopio, formando con éste un ángulo de  $45^\circ$ . Su función consiste en desplazar el foco al costado del tubo del telescopio, a un punto donde se instala el ocular. El espejo diagonal está sostenido dentro del tubo mediante cuatro travesaños fijados a éste y que constituyen la llamada *araña*.

**Telescopio Cassegrain.** Este tipo de telescopio, ideado por Guillermo Cassegrain, se vale de un espejo hiperbólico convexo, situado en el eje principal del telescopio, para reflejar la luz procedente del espejo primario y hacerla converger, a través de una abertura circular practicada en el centro de este último, en el punto focal situado en la parte posterior del tubo, detrás del espejo primario. La distancia total recorrida por la luz es, por tanto, mucho mayor que la recorrida en un modelo Newton.

**Telescopio coudé.** Con el fin de obtener una mayor distancia focal, este sistema añade al sistema Cassegrain un nuevo espejo, situado sobre el eje principal del telescopio y entre el espejo primario, u objetivo, y el espejo hiperbólico convexo. La luz procedente de este último es desviada por ese nuevo espejo a través de una abertura en la pared lateral del telescopio y focalizada en un punto donde se instala el ocular.

**Sistemas catadióptricos** Tanto los reflectores como los refractores clásicos son sistemas con determinadas limitaciones en lo que se refiere a luminosidad y amplitud de campo. Estas limitaciones son actualmente minimizadas mediante el uso de sistemas catadióptricos. Estos consis-



Funcionamiento del telescopio espacial puesto en órbita por el transbordador espacial. Gracias a esa nave se ha conseguido situar a una altura de 600 km por encima de la superficie terrestre, un instrumento de observación y recogida de datos. Una vez alcanzada la posición prevista en el espacio exterior, un brazo mecanizado, incorporado a la nave, coloca el instrumento en posición (arriba). Tras esta fase, se despliegan los paneles solares, las antenas de comunicación y se abre la escotilla (centro y abajo).

Sobre estas líneas, una visión panorámica del *Space Telescope*. El cuerpo cilíndrico alcanza una longitud de casi 13 metros, mientras que su diámetro es de casi 4,5 metros. El instrumental científico con el que está equipado ha sido proyectado de forma que cualquiera de sus componentes pueda ser sustituido en el espacio.

ten en instrumentos ópticos que combinan lentes y espejos. Este tipo de telescopios, como por ejemplo el de Schmidt y el de Monte Palomar, están equipados con potentes lentes de gran angular, que reducen notablemente la aberración cromática, el astigmatismo y la distorsión, siendo

de especial utilidad en el estudio de estrellas, cuasares, satélites, meteoritos y diversos fenómenos solares.

Véase **Astronomía; Astronomía para aficionados; Lente; Observatorio astronómico; Observatorio espacial; Telescopio para aficionados**

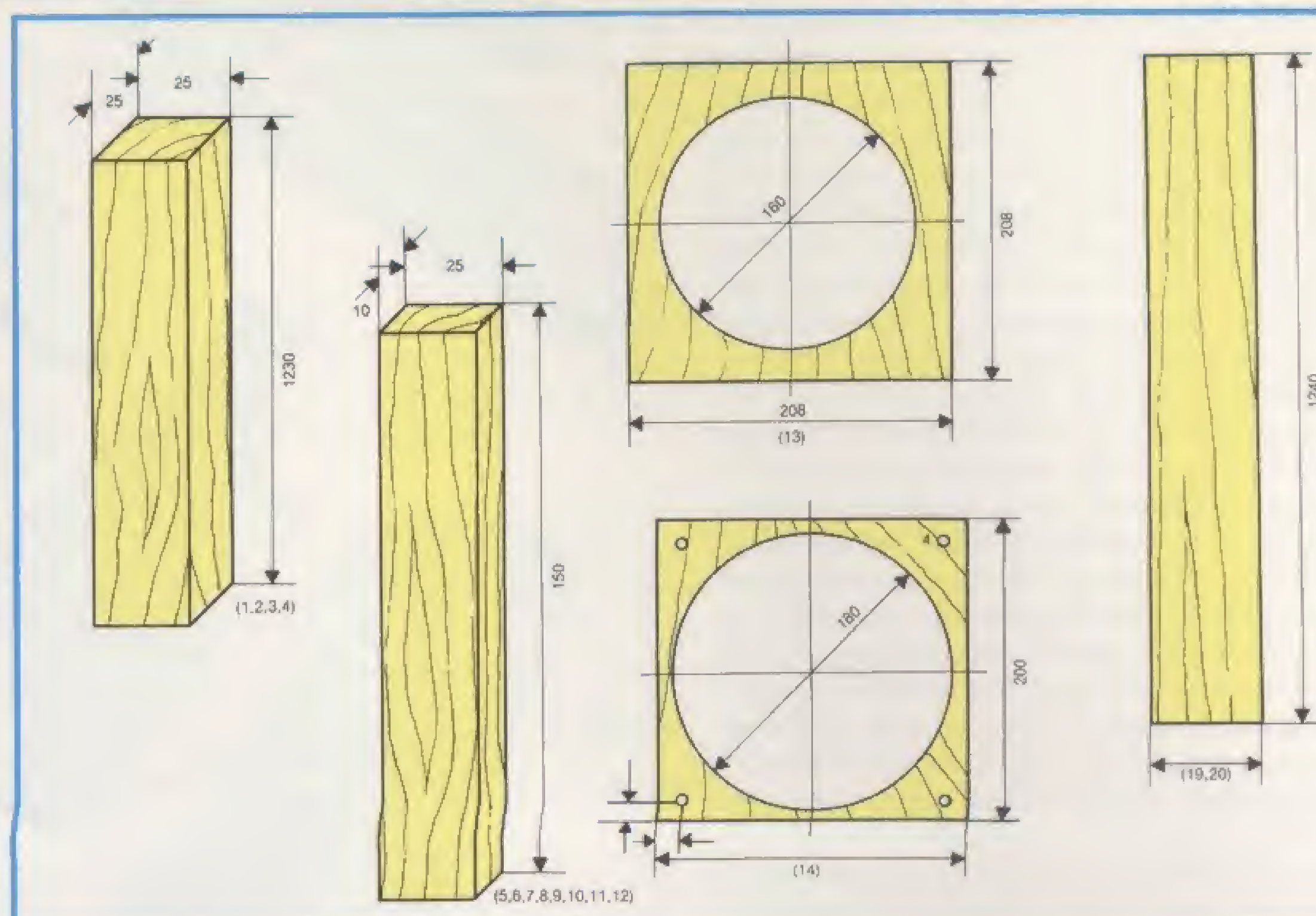


# Telescopio para aficionados

La construcción de un sencillo telescopio no resulta un proyecto excesivamente complicado. En efecto, sólo con disponer de dos lentes de aumento, una que cumpla las veces de objetivo y la otra de ocular, es posible hacerse con un telescopio adecuado para las observaciones de un principiante. Como sabemos, este tipo de telescopios en los que el objetivo está constituido por una lente se denominan refractores. Sin embargo, la mayoría de los aficionados que se deciden a fabricar su propio instrumento optan por modelos ligeramente distintos de los refractores: son los llamados telescopios reflectores. La diferencia fundamental entre ambos radica en que, en los reflectores, la lente objetivo es reemplazada por un espejo, de forma que un telescopio reflector consta, fundamentalmente, de dos elementos: un espejo receptor cóncavo y un ocular. La forma del espejo receptor o espejo primario, así como la inclusión de espejos suplementarios, focalizadores direccionales del haz de luz reflejado por aquél, caracteri-

En el esquema superior, entre las dos páginas, se indican algunos de los materiales necesarios para la fabricación de un telescopio de aficionado.

Los números 1, 2, 3, 4 designan los listones destinados a reforzar las aristas del tubo. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 designan los listones que darán rigidez al extremo del tubo; el



número 13 representa la ventana que permite la entrada de luz en el tubo. La pieza 14 sirve para cerrar la parte posterior del tubo. La 15 es la base portadora del espejo y su espesor es de 20 mm.

El 16 es el plano sobre el que descansa el espejo y, al igual que el 15, es un panel contrachapado de abeto. 17 y 18 representan las dos superficies laterales del tubo (espesor = 4 mm). 19 y 20 son las otras dos caras laterales del tubo, y, 21 y 22 son dos piezas de refuerzo que han de proporcionar mayor resistencia al tubo en los puntos donde se fije el eje de declinación. En el centro de cada pieza debe practicarse un orificio circular de 45 mm de diámetro. Arriba, base de sujeción del espejo. Todas las medidas expuestas corresponden a un telescopio con un espejo de 1.200 mm de distancia focal. Página siguiente, arriba, a la derecha, material necesario para la construcción de la parte mecánica o móvil: el material es poco, barato y fácil de obtener.

zan los diferentes tipos de telescopios reflectores.

**Preparación de un espejo** Existen varias empresas suministradoras de material óptico y espejos ya preparados para aquellos astrónomos aficionados que deseen construirse su propio telescopio. La mayoría de ellas, además, aceptan por encargo la construcción de lentes y espejos, según las diversas y específicas características que les sugiera el comprador. Sin embargo, dado que los precios de estos últimos son especialmente elevados, muchos aficionados deciden fabricarse por sí mismos el espejo que necesitan. La fabricación de un espejo no resulta particularmente difícil, pero sí requiere mucho tiempo, paciencia y, sobre todo, una gran habilidad manual.

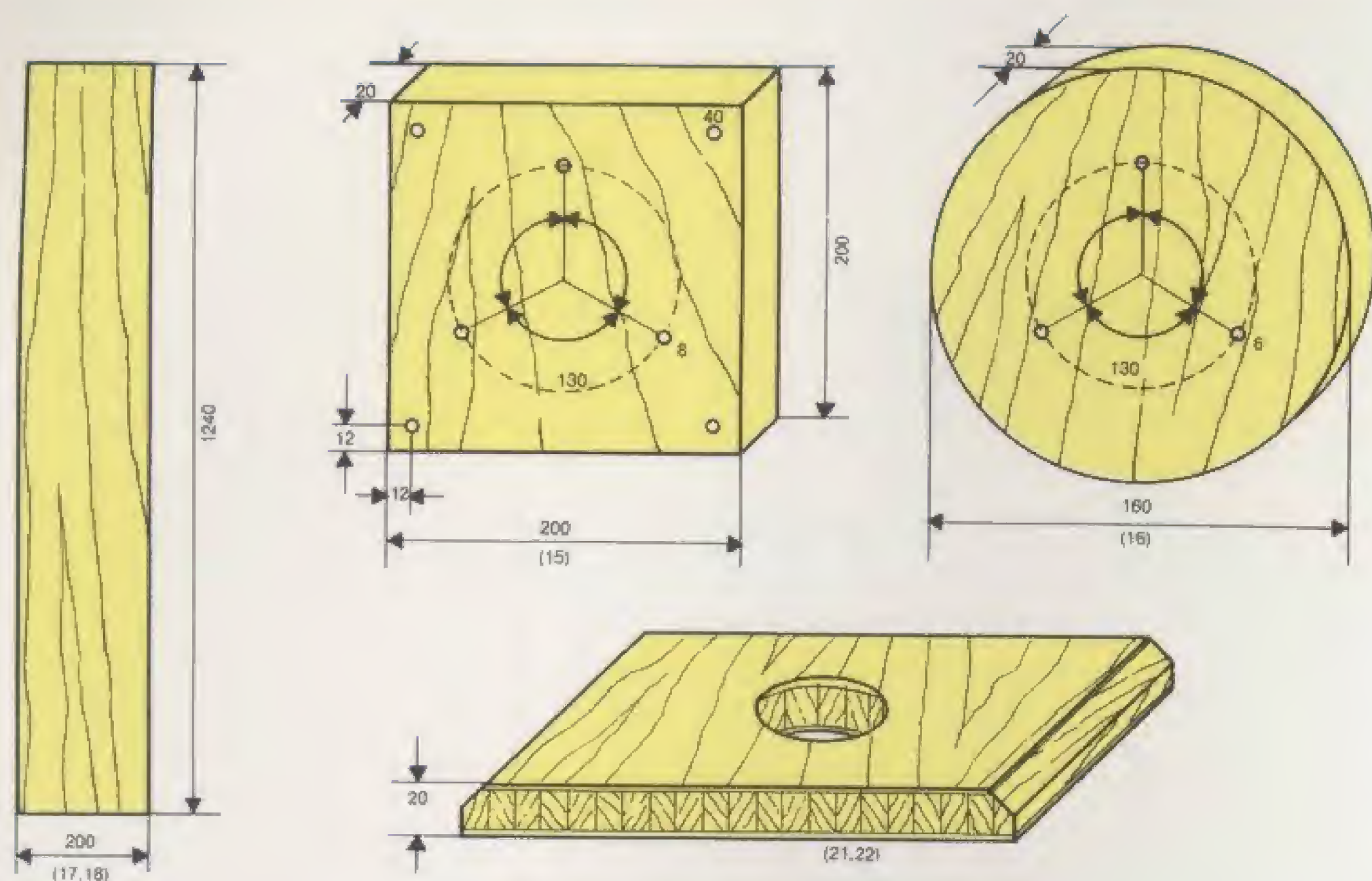
Fundamentalmente, es necesario disponer de dos pedazos de vidrio óptico que tengan las suficientes dimensiones. La mayoría de los aficionados se deciden por la fabricación de telescopios con espejo de 15 cm de diámetro, para lo cual han de disponer de dos bloques circulares de vidrio óptico de ese diámetro y de 2,5 cm de espesor.

Para preparar el espejo es necesario, previamente, fijar uno de los bloques de

A la derecha, aspecto de un telescopio recién construido. Gran parte de los elementos que lo constituyen pueden ser fabricados, con habilidad y paciencia, por el propio aficionado; otros, sin embargo, requieren ser encargados y adquiridos en empresas especializadas.







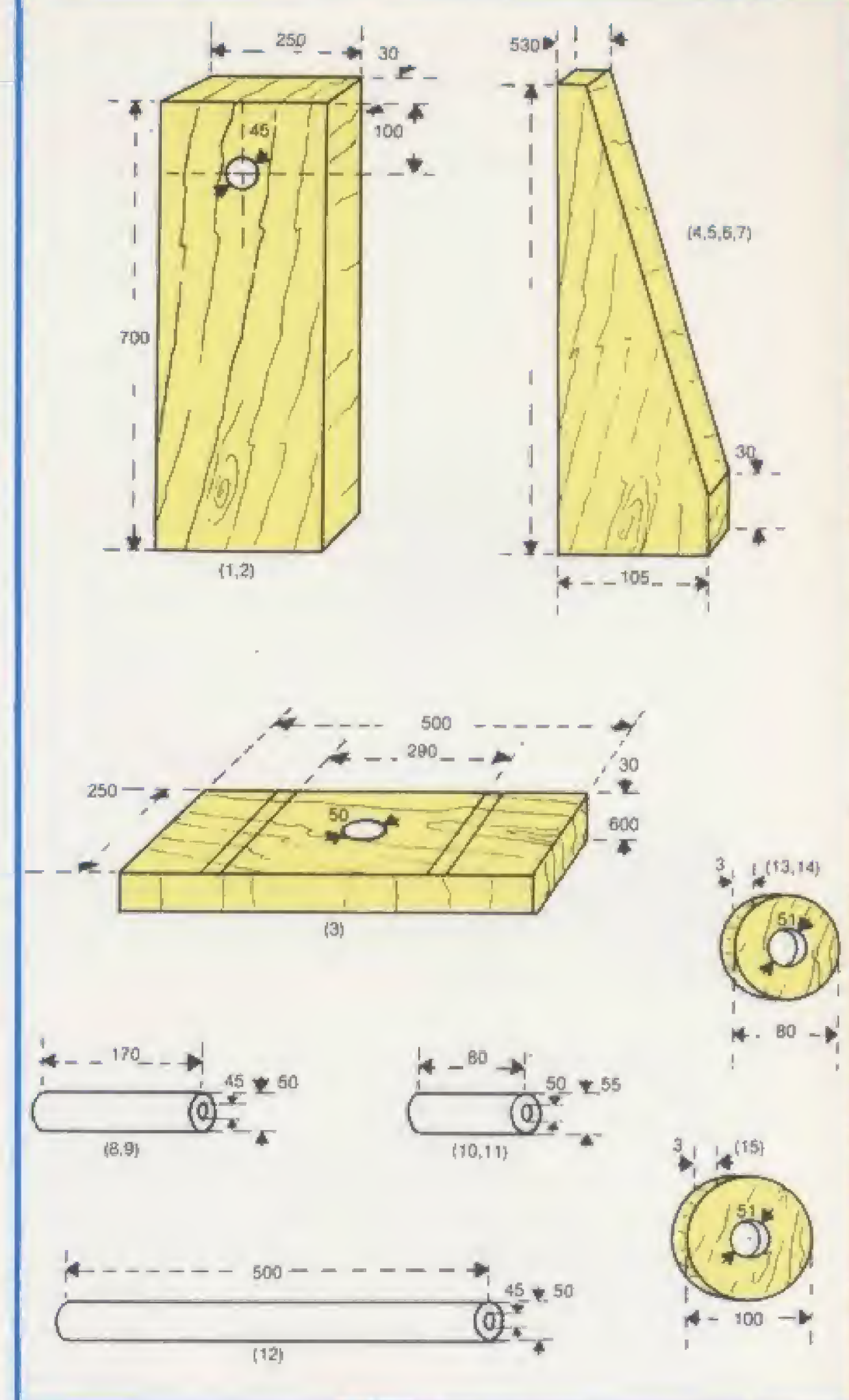
vidrio, que se llama "útil" y que ha de tener una superficie convexa, a una base de sujeción bien sólida, que asegure la suficiente y necesaria estabilidad. A este efecto, puede utilizarse un grueso saco lleno de arena, que servirá de base lo suficientemente elástica como para apoyar el útil y poder trabajar sobre él.

Una vez colocado y fijo el útil, se procede a mojarlo con abundante agua para después espolvorear sobre su superficie un poco de carburo de silicio en polvo. Se toma entonces el segundo bloque de vidrio, que se denomina "espejo", y una vez que esté firmemente sujeto con ambas manos, se procederá, con movimientos muy precisos, a moverlo hacia adelante y hacia atrás contra la superficie convexa del útil. El polvo de carburo de silicio —que es casi tan duro como el diamante— desgastará, debido a la continua fricción, la superficie plana del espejo, haciendo que, poco a poco, ésta vaya adquiriendo forma cóncava. Tras haber trabajado el espejo por espacio de media hora y siguiendo las instrucciones anteriores, puede realizarse la primera prueba de curvatura. Situando el espejo frente a una pared e iluminando su superficie con una linterna, se puede calcular, por simple medida del haz de luz reflejado, la calidad de la curvatura conseguida, así como su distancia focal. Una vez obtenida la distancia focal deseada —que para un espejo de 15 cm de diámetro, suele ser de 150 cm— se procede a una nueva abrasión de la superficie del espejo, esta vez, con carburo de silicio en polvo mucho más fino.

El siguiente paso en la elaboración del espejo, su pulido, es más delicado y complejo, de forma que requiere especial atención. Sobre el útil de vidrio, que previamente ha debido ser limpiado cuidadosamente, se esparcen esencia de trementina y de rouge en polvo, esta última de calidad análoga al rouge cosmético o colorete (utilizado, frecuentemente, para

diversas tonalidades de maquillaje). Hecho esto, se procede a frotar de nuevo la superficie del espejo contra la del útil. Durante este proceso, el espejo debe ser repetidamente comprobado, con el objeto de que su superficie mantenga una curvatura cóncava perfecta (la fabricación de un espejo parabólico es muy compleja y requiere un instrumental y una técnica muy por encima de las posibilidades técnicas al alcance de un aficionado medio). Finalmente, y dada la dificultad que entraña la fase final, consistente en recubrir el espejo con una delgada lámina de aluminio o plata que permita una buena reflexión, éste suele enviarse a alguna empresa especializada donde, rápidamente y sin un gran desembolso, procederán al aluminizado perfecto de la pieza.

**Montura** Para quien nunca haya trabajado con un telescopio, resultará una gran sorpresa comprobar que su sistema de soporte, o montura, es un factor tan importante como pueda serlo la calidad de su óptica. El telescopio que no haya sido dotado de una montura adecuada, sólida y firme, será objeto de continuas desviaciones, motivadas incluso por la más ligera brisa: difícilmente podrá ser enfocado en un punto fijo, de forma que resultará prácticamente imposible utilizarlo. Por lo tanto, la montura sobre la que se encaje el tubo del telescopio debe de ser muy sólida, inelástica y, a la vez, debe permitir que el instrumento gire suavemente alrededor de sus ejes. Casi todos los telescopios están montados sobre un dispositivo especial, llamado *montura ecuatorial*. Este sistema facilita enormemente tanto la localización como el seguimiento de un astro, la luna o un planeta, cuando éstos parecen desplazarse sobre la bóveda celeste por efecto de la rotación terrestre. La localización se realiza mediante dos coordenadas, la declinación y el ángulo horario. El instrumento gira alrededor del eje po-



lar, orientado hacia el polo celeste, es decir, paralelo al eje de rotación de la Tierra y graduado según el ángulo horario. Simultáneamente, puede moverse hacia arriba y hacia abajo perpendicularmente al Ecuador, es decir, en declinación.

Véase **Astronomía; Astronomía para aficionados; Lente; Prisma óptico; Reflexión; Refracción; Telescopio y radiotelescopio**





# Teletipo

Desde las señales de humo al telégrafo y a la era de los ordenadores, el ser humano ha utilizado diferentes sistemas, cada vez más rápidos y eficaces, para enviar información a grandes distancias. El teletipo, inventado a principios de siglo, fue uno de esos sistemas y representó un avance muy importante en la tecnología de las telecomunicaciones.

Antes de existir el teletipo, los mensajes de telégrafo (en alfabeto Morse) tenían que ser interpretados y transcritos por operadores humanos. El teletipo hizo posible imprimir de forma automática mensajes procedentes de puntos remotos del planeta, tanto en envío como en recepción, agilizando considerablemente el proceso de comunicación. Los teletipos más modernos, que actualmente pertenecen al mundo de los ordenadores (ya que utilizan la misma tecnología y por ello reciben el nombre de terminales de comunicaciones de datos), pueden imprimir mensajes a una velocidad de veinte palabras por segundo.

**Transmisión del mensaje** El teletipo combina las funciones mecánicas de las máquinas de escribir con el sistema del telégrafo eléctrico. Aunque existen distintos modelos en el mercado, todos disponen de un teclado parecido al de una máquina de escribir eléctrica: un operador envía el mensaje por un teletipo del mismo modo que si lo escribiera a máquina, con la diferencia de que en el teletipo las

número de caracteres	signos	orden de emisión					letras
		5	4	3	2	1	
1	—				•		A
2	?			•	•		B
3	:	•	•		•	•	C
4	¿quién es?	•	•	•	•	•	D
5	3				•	•	E
6			•		•		F
7	disponible	•			•	•	G
8		•		•	•	•	H
9	8	•	•	•	•	•	I
10	timbre	•			•	•	J
11	(	•	•	•	•	•	K
12	)			•	•	•	L
13	-	•			•		M
14	,			•	•	•	N
15	9		•		•	•	O
16	0	•		•	•	•	P
17	1	•		•	•	•	Q
18	4	•	•		•		R
19	;		•	•	•		S
20	5	•	•	•	•		T
21	7	•			•	•	U
22	—		•	•	•	•	V
23	2		•		•	•	W
24	/			•	•	•	X
25	6	•		•	•		Y
26	+	•	•		•	•	Z
27	retorno del carro		•	•	•	•	
28	interlínea				•	•	
29	letras		•		•	•	
30	signos		•	•	•	•	
31	espacio	•	•		•	•	
32	sin utilizar				•	•	

orificios de arrastre

La tabla de la izquierda reproduce un código de cinco *bits* (impulsos binarios) para teletipos. Las perforaciones indicadas corresponden a los distintos símbolos alfanuméricos y especiales. En la foto de abajo, un teletipo en funcionamiento. En la página de enfrente, abajo, el dibujo reproduce el mismo modelo y teclado con algunas teclas especiales señaladas. Por ejemplo, la tecla "nueva línea" se utiliza para comenzar a escribir un nuevo renglón de texto (el renglón acaba en el carácter 69); el indicador de alarma o timbre, señala el final del rollo de papel: una vez sustituido el rollo, se puede continuar la transmisión pulsando la tecla "local". Los dibujos 4 y 5 muestran detalladamente la introducción del rollo y la colocación del cabezal de escritura en su posición correcta. Para transmitir a partir de una cinta perforada es necesario introducir la cinta en la lectora (1), haciendo coincidir la parte del encabezamiento con los dientes de arrastre (2), después se cierra el prensacintas (3) y se prepara la lectora, que lee y transmite la cinta. Para sustituir la cinta de papel existe una tecla especial que expulsa el portarrollos; éste se abre girando

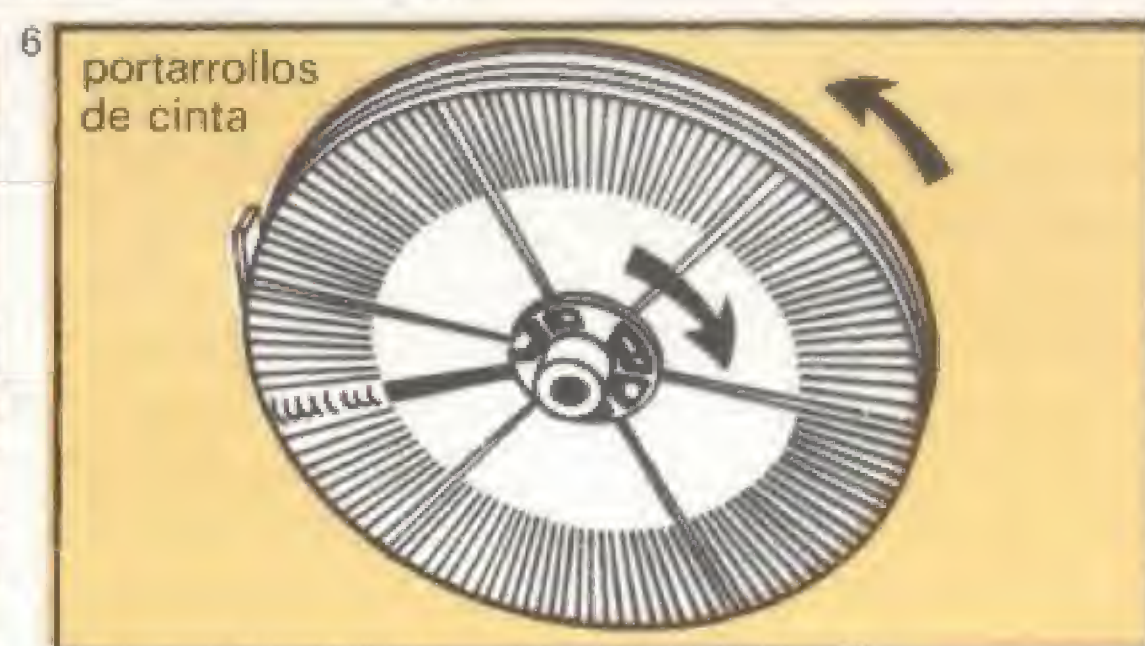
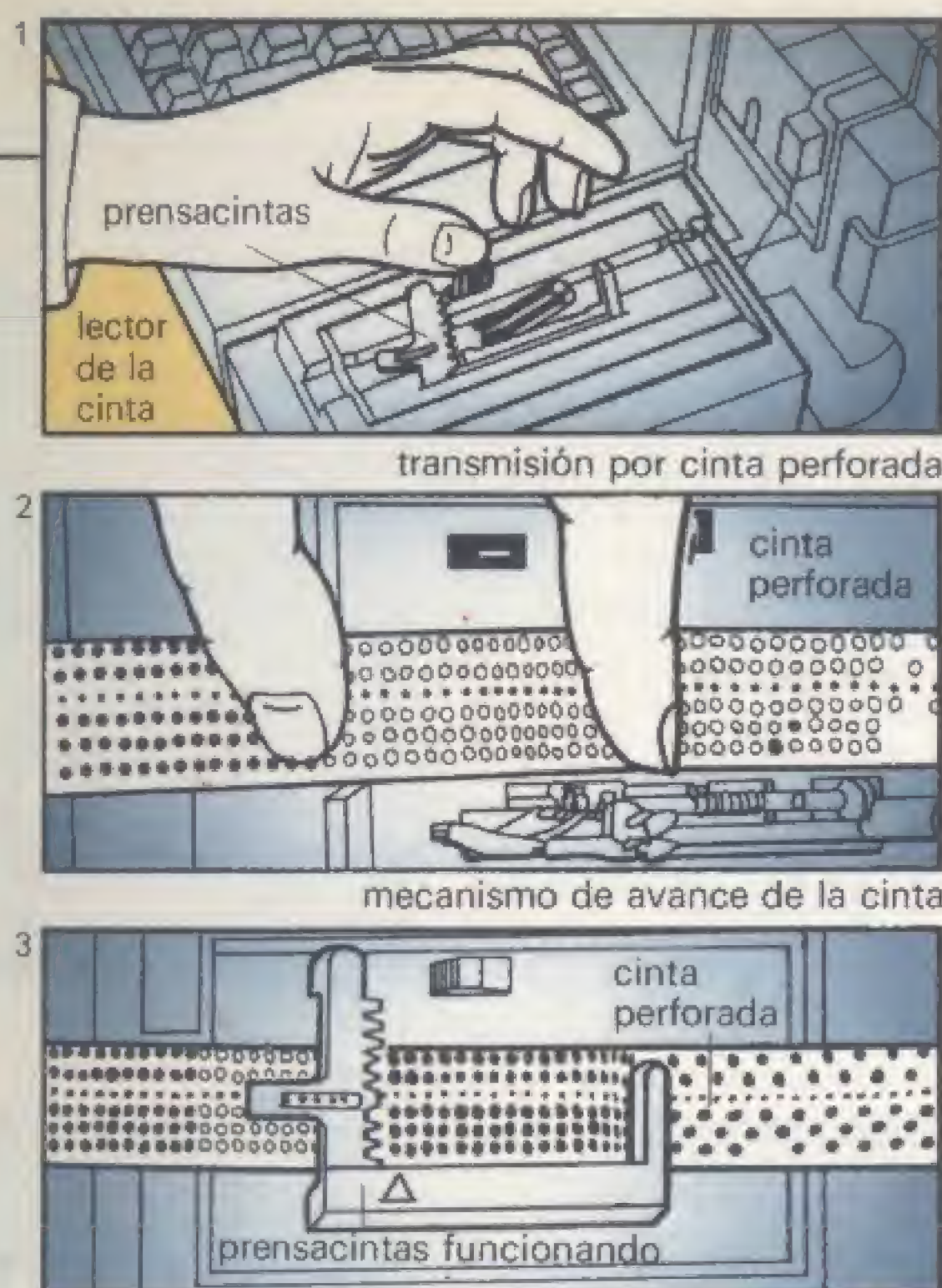


palabras escritas se convierten en impulsos eléctricos. El número de impulsos por cada carácter varía en función del código utilizado.

Los dos códigos más difundidos son el *código Murray*, que tiene cinco impulsos binarios por cada carácter, y el *American Standards Code for Information Interchange* (ASCII), con ocho impulsos binarios. Además, cada vez que se pulsa una tecla del teletipo, se emite un impulso de comienzo, una serie de impulsos de información y un impulso de fin. Los impulsos de información, que al ser binarios sólo pueden tomar dos valores posibles ("0" y "1"), se combinan de distintas maneras, dependiendo del carácter que quieran indicar, de forma parecida a los puntos y líneas del código telegráfico. Las señales de comienzo y fin son vitales para el funcionamiento síncrono de los teletipos que transmiten y reciben, asegurando que la secuencia de la señal es lo suficientemente precisa para identificar los caracteres.

El operador puede teclear un mensaje para su transmisión directa hasta la máquina receptora —que prácticamente viaja a la velocidad de tecleo—, o también puede preparar una cinta sin utilizar la línea





de envío. En este último caso, la cinta de papel, que se perfora con los agujeros correspondientes al código utilizado, se puede corregir cómodamente y transmitir después a una velocidad mayor. Cuando la cinta está preparada, el operador utiliza nuevamente el teclado para indicar el nombre o el número de código del teletipo receptor. Si el receptor está ocupado, se repite el código automáticamente varias veces, hasta conseguir vía libre y enviar el mensaje.

Algunos teletipos modernos disponen de un sistema de memoria, o *buffer*, para conservar los mensajes. En otros modelos, el operador debe asegurarse de que la máquina receptora está libre antes de hacer que corra la cinta por el teletipo transmisor. Cuando la cinta está introducida en éste, las señales del mensaje codificado se

transmiten por un circuito telegráfico y activan el teletipo receptor, que imprime el mensaje. También se utilizan radioenlaces para transmitir mensajes codificados de teletipo.

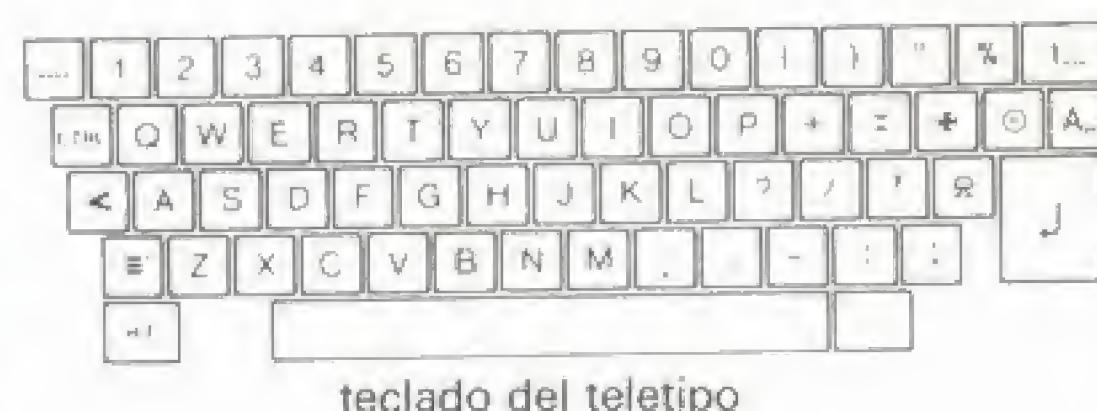
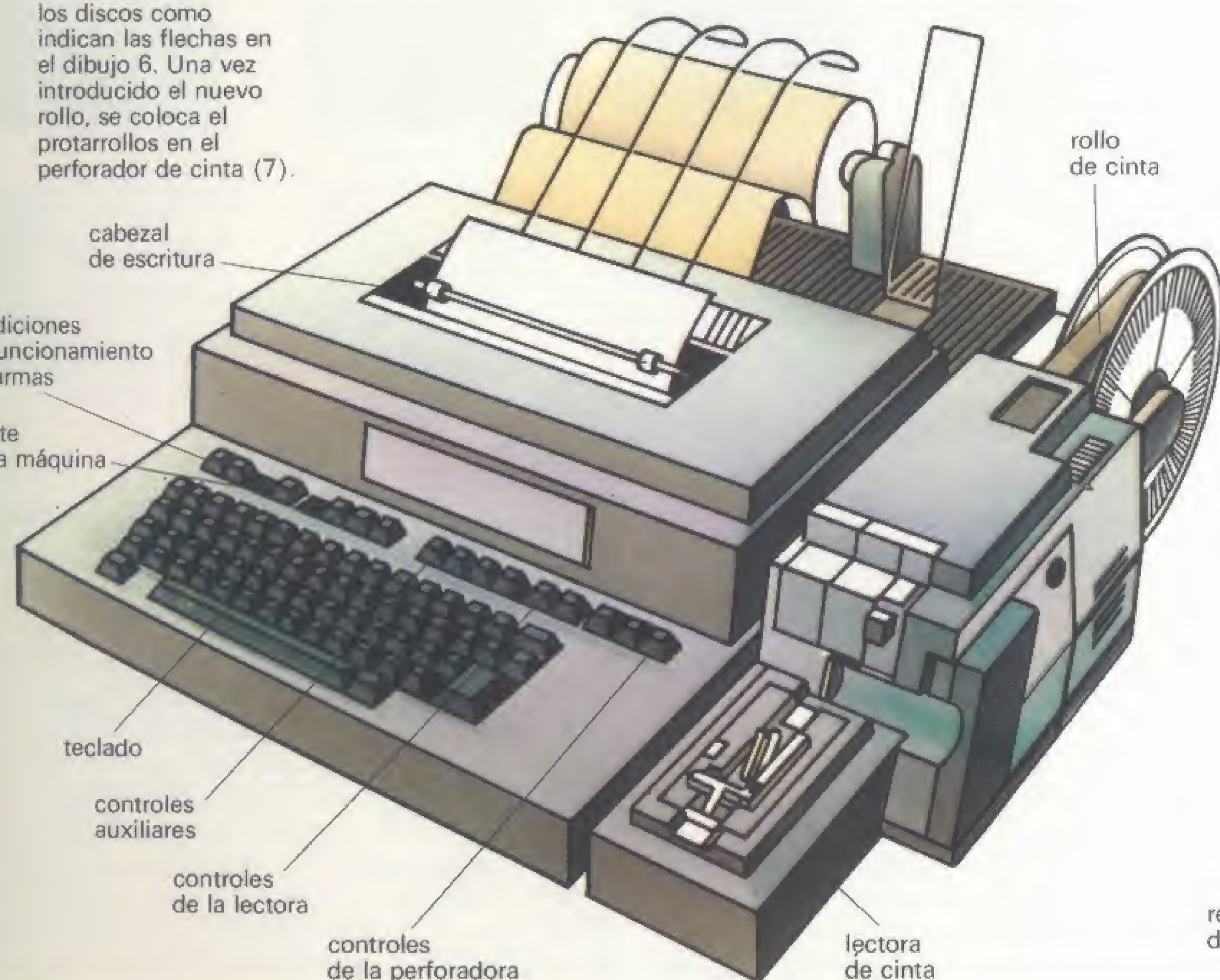
**Historia** Un antecesor del teletipo, o *teleimpresora*, como se suele denominar a veces, consistía en un lápiz, controlado electromagnéticamente, que se movía sobre un cilindro cubierto de papel, registrando telegráficamente los puntos y líneas transmitidos: fue inventado por Samuel F. B. Morse, antes de que desarrollase su código Morse telegráfico.

En 1846, R. E. House proyectó una impresora telegráfica, aunque sin utilizar el método de comienzo-fin para conseguir la sincronización, que no se alcanzaría hasta diez años después. A principios de siglo,

J. C. Barclay, de la Western Union, empresa que gestiona en la actualidad un sistema de télex a nivel mundial, ideó un sistema para imprimir páginas.

Con el transcurso de los años, se mejoró el sistema añadiendo calcos de carbón, matrices y perforaciones por módulos. La maquinaria se hizo menos ruidosa, más fácil de utilizar, más compacta, rápida y de fácil mantenimiento. Actualmente, las agencias de noticias y gran cantidad de empresas de todo tipo son usuarias de los teletipos. Además, los teletipos pueden usarse también como terminales de ordenador, con acceso a procesadores y a bancos de datos.

→ los discos como indican las flechas en el dibujo 6. Una vez introducido el nuevo rollo, se coloca el portarrollos en el perforador de cinta (7).



barra espaciadora 1	medida, anulación y paradas del tabulador 5 CTRL	tecla de letra 9 A...
tabulador 2 HT	tecla "continúo" 6 ....	nueva línea 10 ↵
interlínea 3 ≡	tecla "¿quién es?" 7 ✕	timbre 11 🔔
retorno del carro 4 <	tecla de cifra 8 1..	desbloqueo 12



# Televisión

Los precedentes científicos más antiguos en el campo de la transmisión de imágenes se remontan a los experimentos llevados a cabo por Bain en Inglaterra, en 1843, y por Giovanni Caselli en Francia, en 1863. Este último fue el inventor de un pantelógrafo con el que consiguió enviar mensajes y dibujos de París a Marsella. A partir de ese momento, las "innovaciones" televisivas se sucedieron. Una de las más interesantes fue la de George Carey, quien en 1875 construyó un aparato rudimentario para transmitir imágenes a corta distancia. Carey utilizó células fotoeléctricas, que generaban una cantidad de electricidad proporcional a la intensidad de la luz que les llegaba, para captar la imagen, y dividió la pantalla donde ésta se reproducía en tantas zonas como células había en la "cámara".

Carey enfocaba la imagen sobre un conjunto de células fotoeléctricas de selenio que estaban conectadas por cable al grupo de luces de la pantalla. Desafortunadamente, la tecnología de aquella época no permitió amplificar la corriente que daban las células de selenio, de forma que la imagen transmitida fuera lo suficientemente clara y luminosa para poder ser utilizada. Además, este sistema necesitaba una enorme cantidad de hilos para la transmisión, lo que creaba un gran número de problemas. A pesar de ello, el invento de Carey tuvo mucha importancia, ya que la forma de enfrentarse con los principales problemas era correcta.

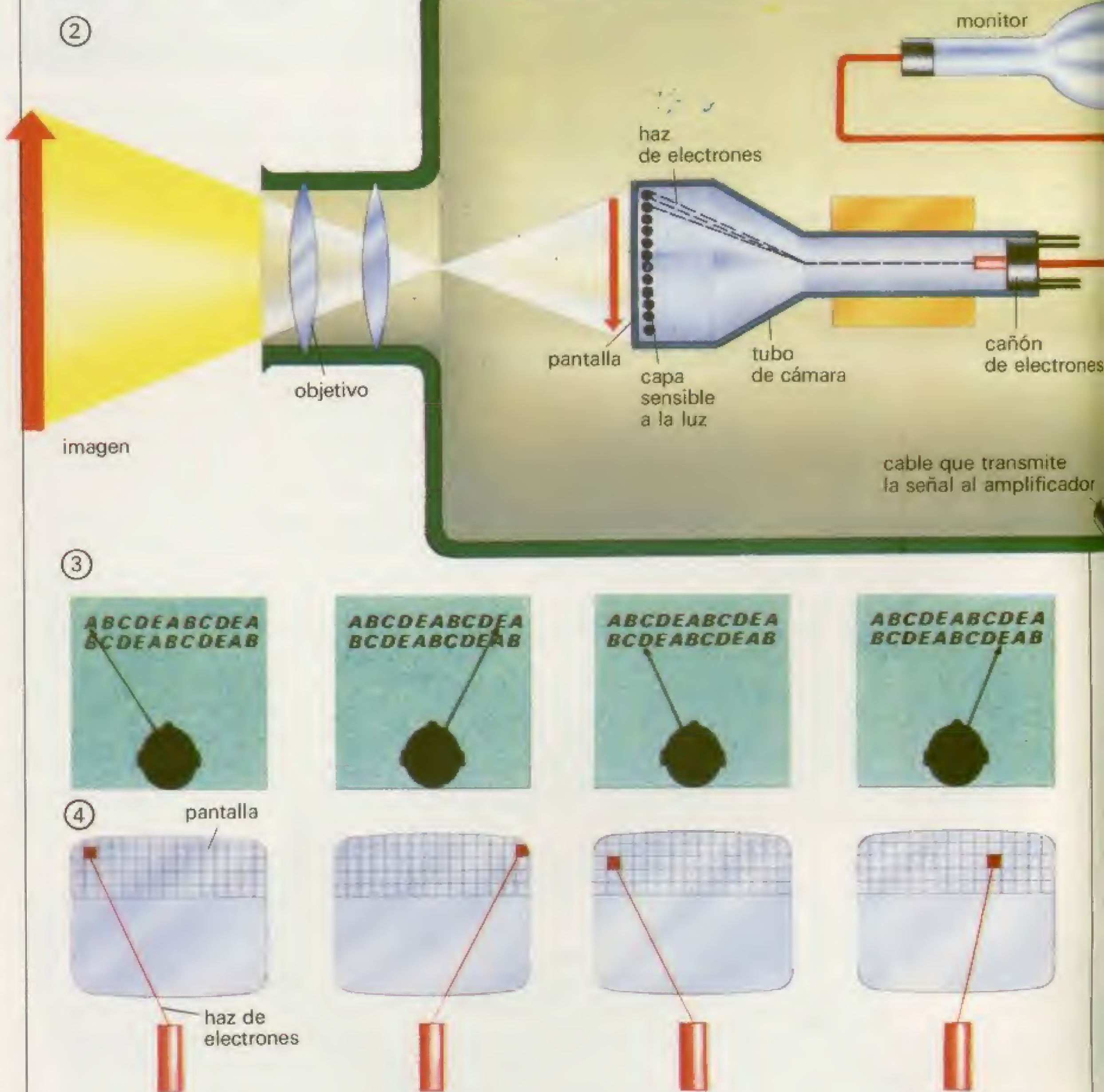
A partir de entonces, lo "único" que tenían que hacer Carey y los investigadores que le sucedieron era conseguir establecer una transmisión secuencial de las imágenes por un único hilo o canal. Esto, en realidad, no era el mayor problema, porque el ojo, por el efecto de retención de la imagen en la retina, ve las imágenes muy seguidas, como en movimiento continuo. Se trataba del mismo problema con el que se habían enfrentado los inventores del cine, aunque este último sistema tenía la ventaja de que el registro en película fotográfica estaba mucho más desarrollado y alcanzaba una calidad de imagen muy superior. En sus primeros tiempos, la televisión utilizaba pantallas que, en el mejor de los casos, reproducían imágenes con una definición cien veces menor que la del cine de aquella época. Actualmente, el cine sigue produciendo imágenes con mayor definición que la televisión y muchos espectáculos televisivos se graban en película aunque después vayan a emitirse por televisión.

Como la televisión se concibió como un medio de transmisión y no de grabación de imágenes, el problema principal fue el de superar las distancias. Carey y los investigadores sucesivos decidieron utilizar células fotoeléctricas capaces de generar una señal eléctrica suficiente para reproducir en otro lugar la imagen proyectada sobre ellas. Esta señal se transmitió después con un procedimiento de tipo telegráfico (y más tarde con uno parecido a la radiotransmisión) a un aparato que

## TRANSMISION Y RECEPCION



## CAMARA PARA TELEVISION EN BLANCO Y NEGRO



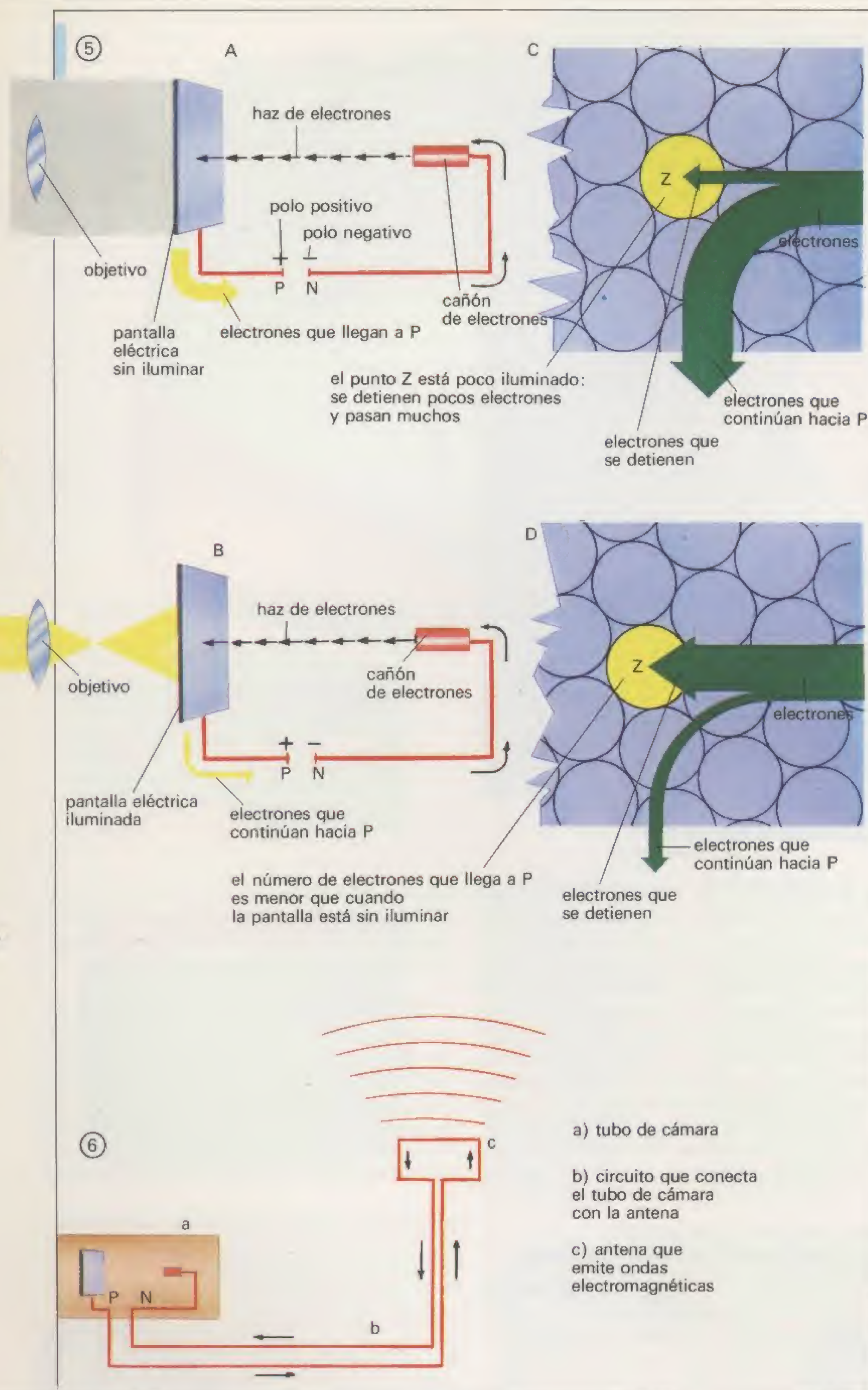
reproducía la imagen correspondiente a la señal recibida. La diferencia entre los distintos tipos de sistemas de televisión se encuentra en el procedimiento de obtención y reproducción de la señal.

**El disco giratorio de Nipkow** Paul von Nipkow, ingeniero alemán, fue el primero que consiguió resolver el problema de cómo convertir la imagen en una señal que se pudiera transmitir por un único canal. En 1884, Nipkow construyó un aparato que introducía la idea del barrido, es de-

La transmisión de televisión (1) empieza con la toma de imágenes con una cámara (2), formada por un sistema de lentes, una pantalla, un cañón de electrones y un tubo de cámara. Los rayos de luz pasan a través del objetivo y llegan a la pantalla eléctrica formando una imagen constituida por puntos con carga

eléctrica positiva. El cañón electrónico (4) "lee" la imagen como una persona (3), línea por línea. En 5A y 5C se observa el movimiento de los electrones con la pantalla sin iluminar; en 5B y 5D la pantalla está iluminada. En 6, las señales eléctricas de video y audio se transforman en ondas electromagnéticas al pasar por la antena.





Esta señal se transmitía a un aparato receptor dotado a su vez de un disco idéntico al primero y que giraba en sincronía con él. Como la corriente modulada se convertía en una cantidad de luz apropiada, los agujeros del disco giratorio creaban en una pantalla una configuración de líneas sucesivas claras y oscuras. Cuando las dos ruedas estaban perfectamente sincronizadas, se podía obtener la ilusión de una imagen en movimiento. Sin embargo, como todos los inventores de la época, Nipkow encontró grandes dificultades, ya que no existía ninguna forma de amplificar la débil corriente modulada, producida en la célula fotoeléctrica, para obtener una corriente lo suficientemente intensa que permitiera reproducir una imagen clara y luminosa. Este problema se superó con el desarrollo de las válvulas electrónicas. John Logie Baird, un inventor escocés, continuó y perfeccionó los trabajos de Nipkow adaptando el disco y, entre 1927 y 1931, obtuvo resultados espectaculares con la utilización de un tubo fotoeléctrico lleno de gas.

Consiguió transmitir una carrera de caballos, obtuvo grabaciones de imágenes en color sobre un videodisco, envió señales de televisión desde Londres a Glasgow, transmitió simultáneamente palabra y sonido, y estableció una conexión experimental entre Gran Bretaña y Estados Unidos en 1928.

**La televisión electrónica** La televisión moderna se basa fundamentalmente en varias patentes de V. K. Zworykin, un ruso nacionalizado estadounidense que trabajaba en la *Radio Corporation of America* (RCA), registradas entre 1923 y 1939. Una de ellas es el iconoscopio, un aparato muy parecido a los utilizados en las cámaras de televisión modernas. La imagen se enfoca mediante un juego de lentes sobre una placa fotoeléctrica dividida en miles de células; cada una de éstas genera una determinada cantidad de corriente, que depende directamente de la cantidad de luz que llega a la superficie de la célula.

Para obtener la corriente de las células secuencialmente, se dirige un fino haz de electrones hacia la placa, de forma que, desviado por campos magnéticos variables, trace líneas horizontales y recorra así toda la superficie de la placa fotoeléctrica cada cierto tiempo. Cuando los electrones llegan a un punto iluminado de la placa, la célula alcanzada descarga la electricidad almacenada sobre el circuito de salida, donde se amplifica y transmite.

El haz de electrones explora la imagen siguiendo líneas, de forma parecida al disco de Nipkow, que producía una serie de líneas de muestreo-barrido. El sistema de televisión europeo actual utiliza 625 líneas en lugar de las dieciocho del sistema de Nipkow. El haz de electrones traza estas líneas veinticinco veces por segundo, y cada vez que alcanza un punto de la superficie fotosensible se obtiene una señal relacionada con la cantidad de luz existente en aquel punto.

cir, dividía la imagen de televisión en líneas horizontales como primer paso para su captación, transmisión y recepción. Todos los sistemas actuales de televisión siguen el principio básico de Nipkow, utilizando un barrido electrónico línea a línea treinta veces más rápido que el del primer prototipo. Nipkow utilizó un disco con una serie de dieciocho agujeros colocados a lo largo de una espiral sobre el disco. La espiral completa pasaba una sola vez en cada giro del disco por delante de una célula fotoeléctrica. La imagen que se

pretendía transmitir se enfocaba con una lente sobre el disco, exactamente en el lugar donde los dieciocho agujeros pasaban por delante de la célula fotoeléctrica. Cada agujero funcionaba como un obturador fotográfico y dejaba pasar una determinada cantidad de luz, en función de la intensidad luminosa de la zona enfocada hacia el orificio cuando giraba el disco. Algunas zonas estaban más claras y otras más oscuras, de forma que la célula fotoeléctrica podía transmitir una señal modulada dieciocho veces por segundo.

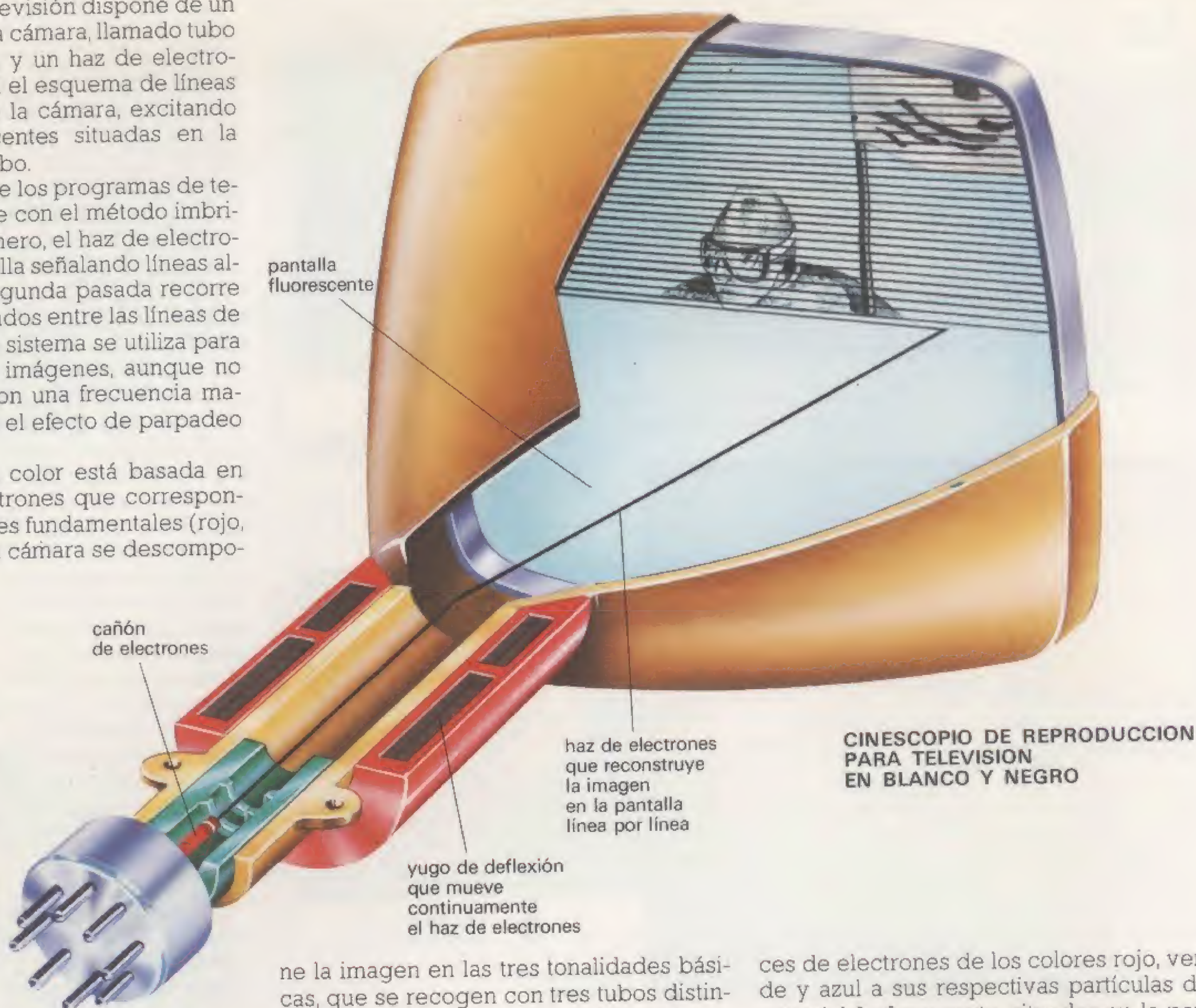


El receptor de televisión dispone de un tubo análogo al de la cámara, llamado tubo de rayos catódicos, y un haz de electrones reproduce en él el esquema de líneas que traza el haz de la cámara, excitando partículas fosforescentes situadas en la parte interior del tubo.

La mayor parte de los programas de televisión se transmite con el método imbricado de líneas. Primero, el haz de electrones recorre la pantalla señalando líneas alternas, y, en una segunda pasada recorre los huecos intercalados entre las líneas de la vez anterior. Este sistema se utiliza para que el ojo vea las imágenes, aunque no estén completas, con una frecuencia mayor, reduciendo así el efecto de parpadeo de la imagen.

La televisión en color está basada en tres haces de electrones que corresponden a los tres colores fundamentales (rojo, verde y azul). En la cámara se descompo-

La señal de video amplificada controla un haz de electrones, que se emite con un cañón similar al utilizado para la toma, situado en el interior de un tubo de vidrio al vacío llamado cinescopio (a la derecha). En la pared interna de la pantalla del cinescopio se deposita un material fosforescente que se vuelve luminoso cuando los electrones chocan contra él. En el cinescopio, el haz de electrones llega a la pantalla formando la imagen punto por punto.



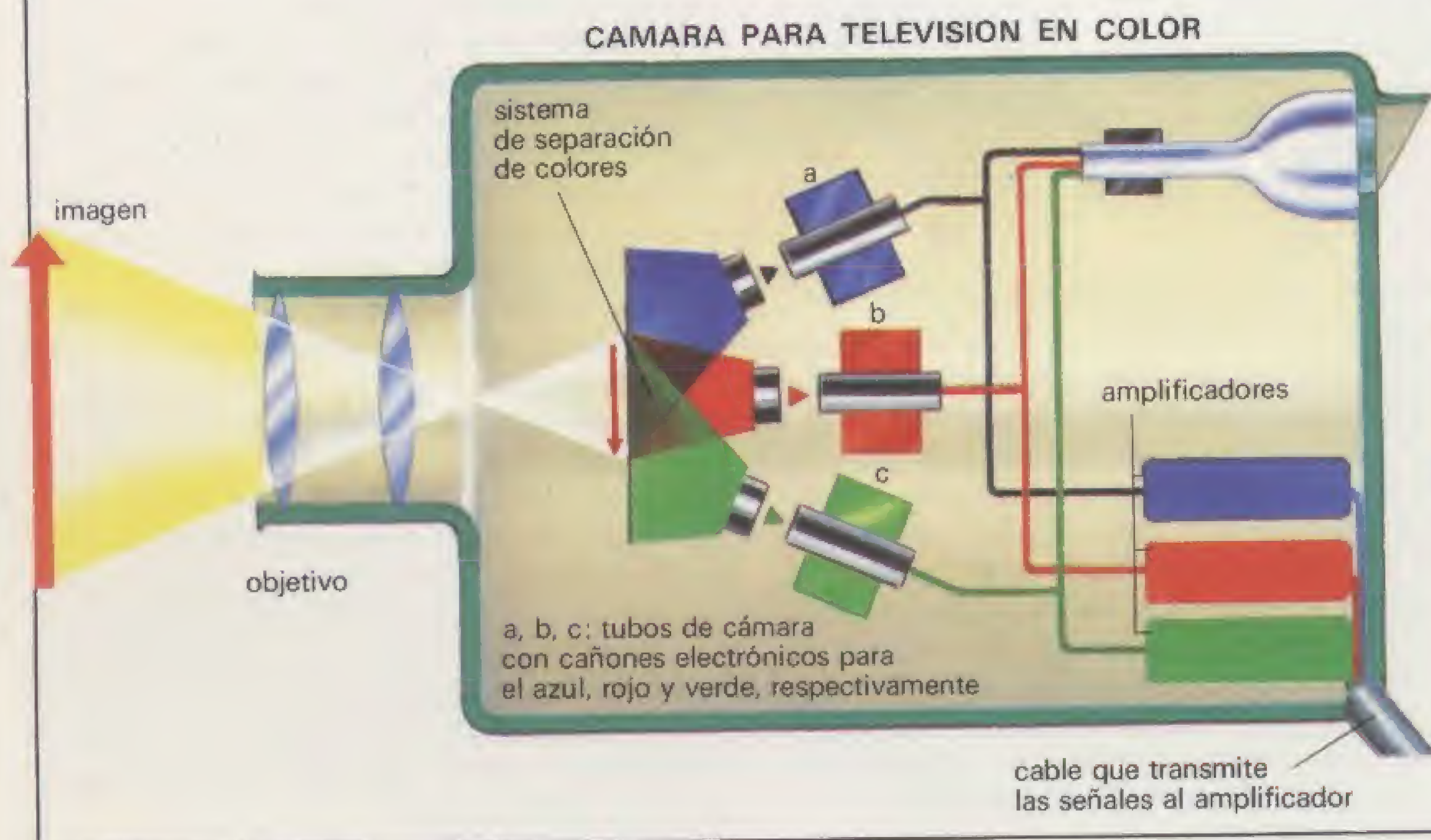
**CINESCOPIO DE REPRODUCCION PARA TELEVISION EN BLANCO Y NEGRO**

ne la imagen en las tres tonalidades básicas, que se recogen con tres tubos distintos. La señal se forma con el barrido ya mencionado y la señal de color se codifica junto a la señal en blanco y negro, que será el "armazón" de la transmisión. La característica de la imagen que tiene relación con el color se llama *crominancia*, mientras que la relacionada con la iluminación se llama *luminancia*.

En el aparato receptor, una máscara especial de desviación, con más de veinte mil orificios diminutos, envía los tres ha-

ces de electrones de los colores rojo, verde y azul a sus respectivas partículas de material fosforescente, situadas en la parte interior de la pantalla del televisor.

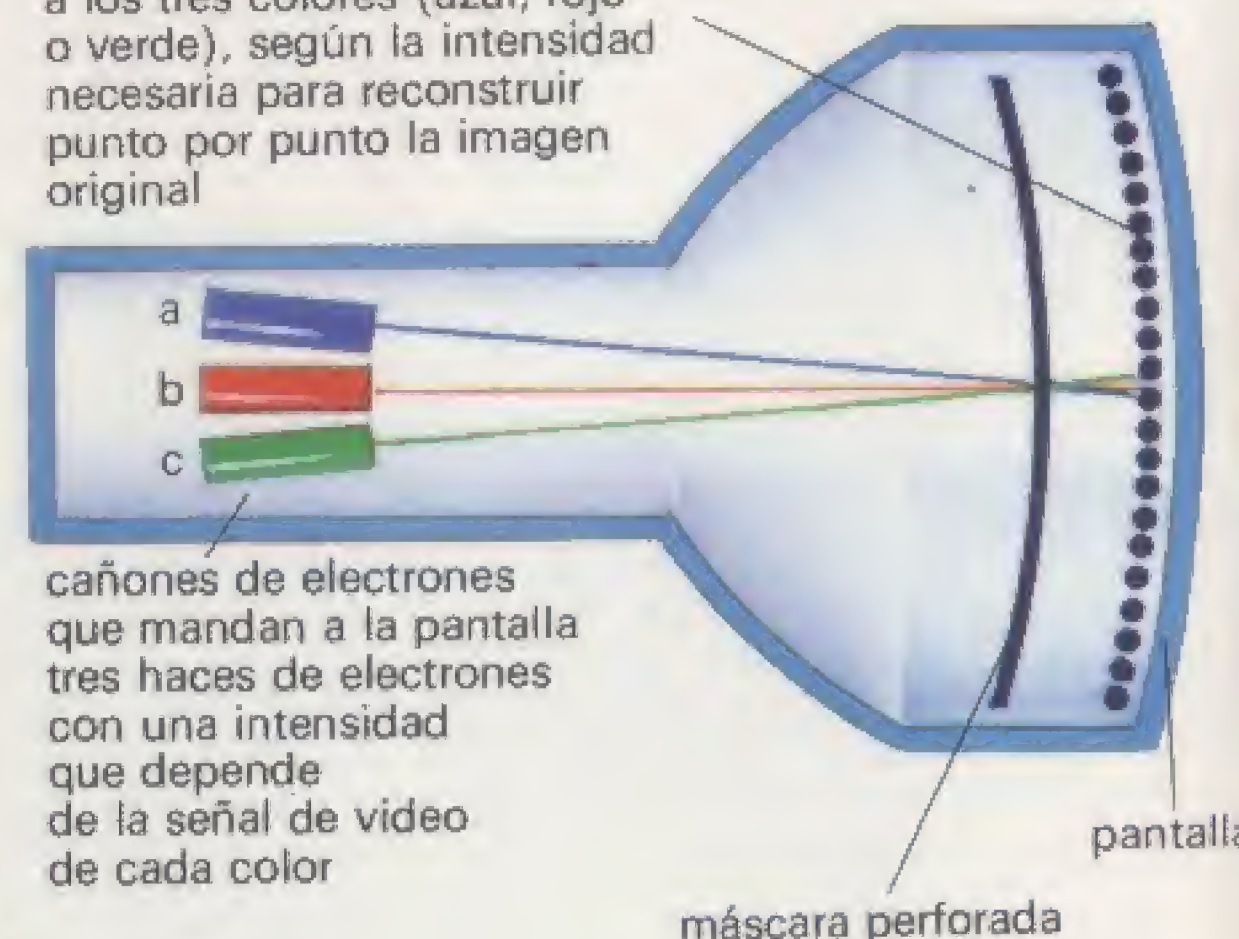
**La señal de televisión** La señal de televisión debe transportar la información de color y de luz. Además, tiene que transportar otras componentes necesarias para asegurar el sincronismo de los haces de electrones en los aparatos de grabación y reproducción, para mantener constantes la luminosidad y la separación entre líneas



**CAMARA PARA TELEVISION EN COLOR**

**CINESCOPIO PARA TELEVISION EN COLOR**

fósforos: cuando son alcanzados por los haces a, b, c, emiten radiaciones luminosas correspondientes a los tres colores (azul, rojo o verde), según la intensidad necesaria para reconstruir punto por punto la imagen original





de la imagen, para transmitir la señal de sonido, etcétera.

Cada canal de televisión tiene asignada una determinada banda de frecuencias, es decir, una posición exacta en el espectro electromagnético, que por el orden de las frecuencias que se utilizan se indica en megahertz (Mhz). Un megahertz es una frecuencia de un millón de hertz, o ciclos por segundo. Para que puedan llevar toda la información necesaria en una transmisión de buena calidad, los canales ocupan una banda de 6 Mhz con una tolerancia del 20 por ciento. Por ejemplo, en Estados Unidos y Canadá un canal de televisión típico oscila entre 72 y 78 Mhz. El orden de frecuencias de este ejemplo está en la gama de VHF (frecuencias muy altas), mientras que otros canales, en UHF (frecuencias ultraaltas), trabajan sobre los 200 Mhz. Como las frecuencias en VHF y UHF se encuentran dentro de los límites que



En la televisión en color, los rayos de luz procedentes de una imagen pasan a través de un sistema de lentes, espejos y filtros que los descomponen en los colores rojo, verde y azul. En la cámara hay tres tubos, uno para cada color (página anterior, abajo). Las señales eléctricas que emite la antena emisora y que llegan a la antena receptora del televisor son una mezcla de las

señales procedentes de los tres tubos de la cámara. En el tubo de imagen hay, igual que en la cámara, tres cañones de electrones (para el rojo, el verde y el azul). La pantalla está cubierta de gránulos de materiales especiales (llamados fósforos) de tres tipos diferentes, que al ser alcanzados por los haces de electrones, procedentes de los cañones electrónicos, emiten radiaciones

luminosas en sus respectivos colores. La televisión se ha convertido en un instrumento de ocio y en un pasatiempo (a la izquierda, videojuegos). Un televisor en color moderno (arriba), con sintonía electrónica automática por síntesis de frecuencia, dispone de mando a distancia (a la derecha) para todas las funciones. Abajo, un sintonizador de canales.



se pueden utilizar con la tecnología actual, la concesión de bandas de transmisión es un argumento de gran importancia política y comercial en los países donde existen cadenas privadas.

Entre las transmisiones de televisión normales existen diferencias entre las señales enviadas: los sistemas SECAM (*Sequenciel Couleur à Memoire*) y PAL (*Phase Alternation Line*), los más utilizados en Europa, tienen un barrido de 625 líneas sesenta veces por segundo. Cada sistema tiene sus respectivas ventajas y desventajas, y las normas de transmisión están controladas por los correspondientes organismos de supervisión.

**Transmisión de la señal** Normalmente, los programas de televisión se emiten con antenas de grandes dimensiones en emisores locales, como ocurre con los

programas de radiodifusión. Con el desarrollo de las comunicaciones vía satélite, la señal de televisión se podrá recibir en grandes zonas, aunque estén alejadas de los centros emisores en tierra.

Por otra parte se está difundiendo en algunas ciudades de Estados Unidos y Europa la recepción de televisión por cable. Este sistema de transmisión puede utilizar un ancho de banda mayor y garantiza la posibilidad de recibir más de cien canales. El cable permite, además, la recepción perfecta de las señales de televisión, pues no hay peligro de interferencias.

Muchos científicos prevén que la televisión de alta definición, que será análoga al cine en cuanto a fidelidad de reproducción, estará disponible comercialmente dentro de pocos años.

Véase **Célula fotoeléctrica; Osciloscopio; Tubo de rayos catódicos**





# Télex

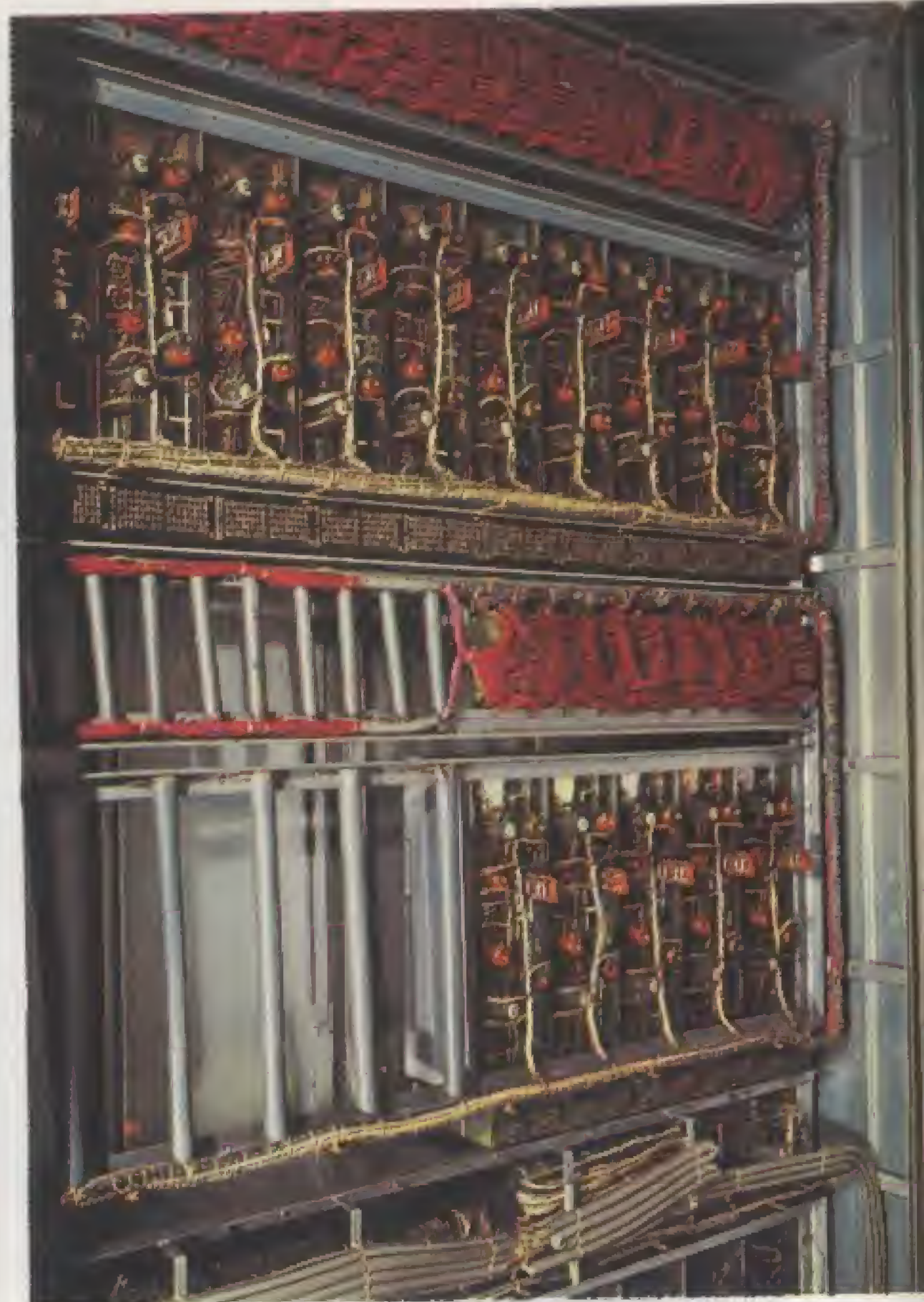
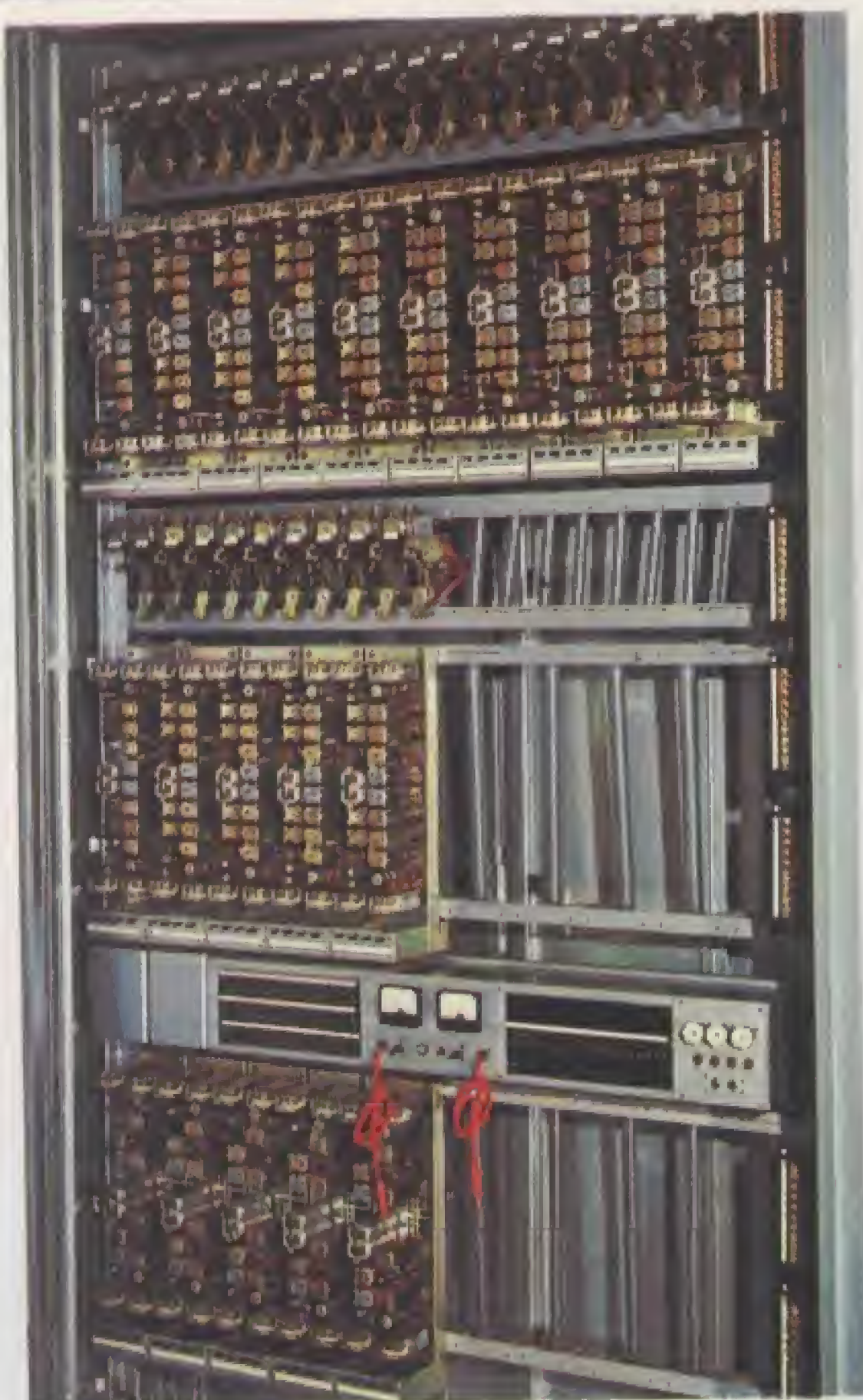
**E**l servicio de télex, que comenzó a usarse en Europa a principios de los años treinta de nuestro siglo, permite que personas que se encuentran a gran distancia entre sí puedan intercambiarse, de forma casi instantánea, mensajes escritos. Para ello se sirven de unos aparatos denominados *teletipos*, conectados a una red de *télex*, de ámbito mundial.

Un importante precedente del télex fue el telégrafo eléctrico, primer sistema de transmisión de mensajes a distancia, inventado en el siglo pasado. Pero entonces, cuando aún faltaban decenios para el desarrollo de la electrónica, las señales que se emitían eran débiles, por lo que su alcance era muy reducido; esto hacía que la transmisión se efectuara con mucha lentitud, ya que la comunicación entre ciudades distantes requería una transmisión "por relevos", pasando el mensaje por sucesivas estaciones intermedias entre los puntos de origen y de destino. Después, el método se fue perfeccionando, y, hoy en día, la transmisión telegráfica tradicional y la de tipo télex no sólo se han extendido por todo el mundo, sino que han conseguido hacer frente a la fuerte competencia de la transmisión telefónica. La razón de sus ventajas no reside únicamente en ciertas características técnicas, sino también, y sobre todo, en lo práctico que resulta su empleo en ausencia de operadores humanos, ya que cualquier teletipo puede recibir cuantos mensajes se le dirijan, con los únicos requisitos, obvios por otra parte, de hallarse conectado y disponer de carga de papel para la impresión. Debido a esto, el sistema télex ha acaparado recientemente el sector de la transmisión de datos de ordenadores de usuarios no conectados interactivamente.

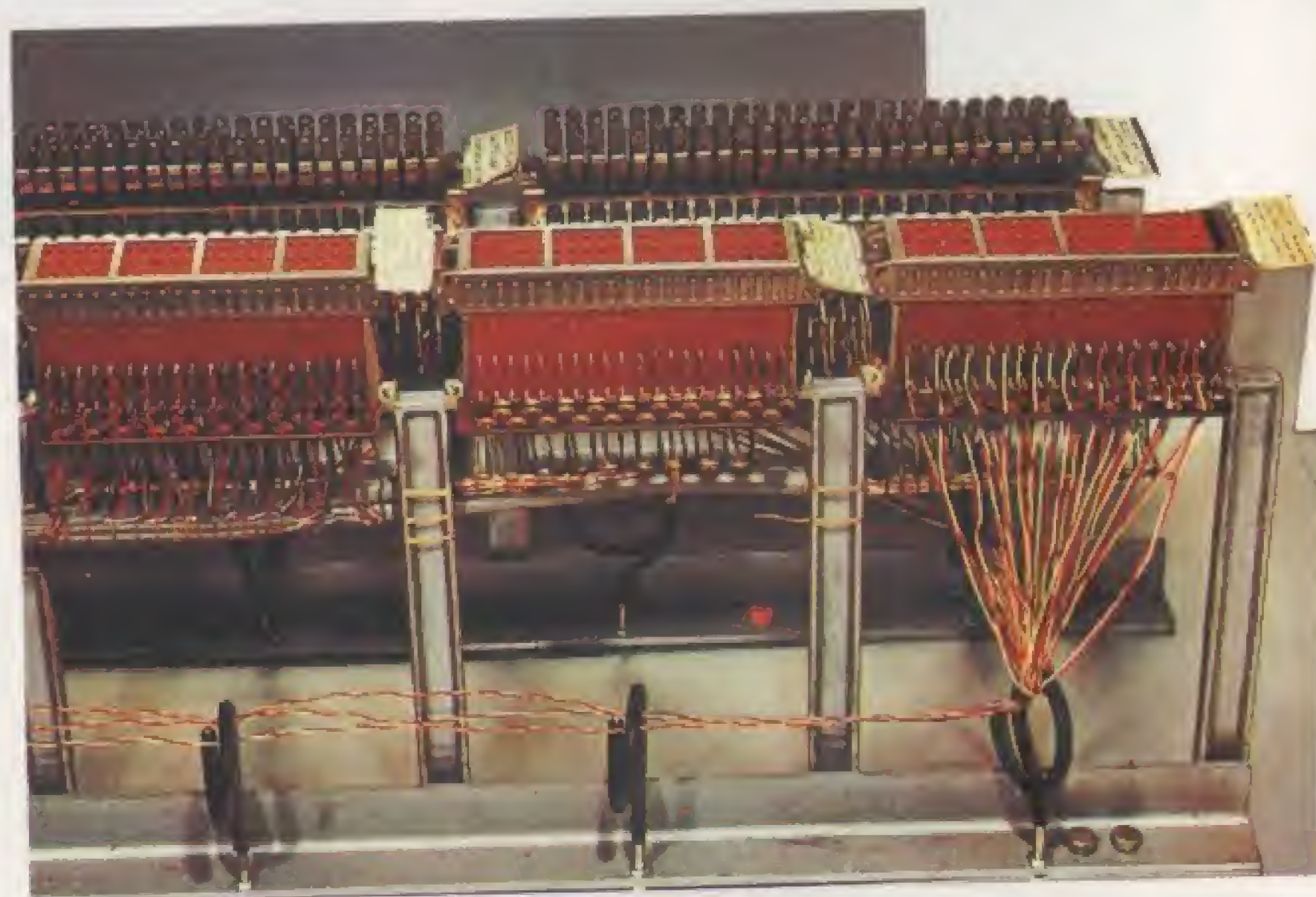
**La transmisión telegráfica** La transmisión telegráfica se lleva a cabo por medio de impulsos que, codificados de forma oportuna, representan las letras del alfabeto, las cifras y todos los signos necesarios para una comprensión clara de los textos. Los impulsos eléctricos son transmitidos mediante las *líneas telegráficas*, formadas por cables eléctricos en los que la señal se transmite con impulsos en corriente continua (distancias cortas) o corriente alterna de baja frecuencia (largas distancias). Para iniciar la comunicación el usuario emisor llama por medio de un selector (semejante al telefónico), o por medio de un código de teclado, al usuario receptor, que debe hallarse conectado a la misma red; para hacerlo posible, cada uno de ellos dispone de un código alfanumérico, que le identifica.

Frecuentemente se utilizan también *líneas telefónicas* para la transmisión de impulsos en la red de télex, pero en estos casos es necesario incorporar adaptadores en la conexión de los aparatos de transmisión y recepción, de forma que las señales no resulten distorsionadas.

Los satélites son otro medio de transmisión, claramente en auge; usados como estaciones repetidoras, transmiten mensajes



En las imágenes de arriba, armario con los circuitos de línea periférica asociados al preselector (izquierda), y cuadro de cables de la línea periférica de una red de teletipos (a la derecha). Junto a estas líneas se muestra un detalle del permutador, o distribuidor. En la fotografía inferior aparece el terminal de una red de télex, con varios teletipos. La prensa, las grandes empresas multinacionales y los servicios de policía se encuentran entre los principales usuarios de las redes de télex.







Junto a estas líneas, diseño de una red de télex. La palabra TELEX es una sigla formada a partir de la expresión *Teleprinter exchange*, es decir, intercambio entre teleimpresoras. Conviene tener en cuenta que el servicio télex es esencialmente interurbano e internacional, correspondiendo a EE UU el 48% del total mundial de abonados y a Europa el 45%, ocupando la R. F. Alemana el segundo puesto mundial, con más del 20% del total de abonados. Tales características hacen que el plano de una red de télex sea sensiblemente distinto al de una red telefónica. Ello resulta de dos hechos: por un lado, el mucho mayor coste de los teletipos frente al de los teléfonos; por otro, y en sentido contrario, el mucho más elevado coste de instalación de un canal telefónico frente al de un canal telegráfico, que es el empleado por el servicio télex.

a distancias mucho mayores que las estaciones repetidoras en tierra.

Sin embargo, el medio de transmisión que más se ha desarrollado recientemente es la *fibra óptica*. Este sistema utiliza la transmisión de mensajes codificados por medio de rayos de luz que viajan a través de un hilo de fibra de vidrio, lo que permite una mayor capacidad de transmisión en un espacio más reducido, ya que por uno de estos cables pueden transmitirse simultáneamente millares de mensajes.

Como ya se ha señalado, para transmitir y recibir sus mensajes, el usuario del télex utiliza un *teletipo*, aparato similar en apariencia a una máquina de escribir eléctrica, dotado de accesorios específicos. Para transmitir un mensaje, se pulsa sobre el teclado el número de código del destinatario. El sistema de selectores que hay a lo largo de la línea efectúa la conexión, y el teletipo del destinatario envía una señal de "libre" o de "ocupado": si la señal indica que está libre, se puede transmitir.

Para reducir el coste de la transmisión (que está en función del tiempo de uso de la línea y de la distancia entre emisor y receptor), el mensaje debe transmitirse en el menor tiempo posible; para ello se suele mecanografiar con anterioridad, memo-

rizándolo en una cinta perforada o en otro tipo de soporte, que se "lee" en el momento de la transmisión, sincronizándose con la velocidad de transmisión que permita la línea. Así, el destinatario lo recibe en su teletipo, que, sin intervención humana, lo imprime, en letras mayúsculas, sobre un rollo de papel continuo. El mensaje puede transmitirse también directamente, a la vez que se tecldea, aunque la velocidad es entonces algo menor. Incluso puede establecerse diálogo, con juego de preguntas y respuestas entre emisor y receptor.

**Ventajas del sistema télex** A menudo se prefiere emplear el télex en lugar del teléfono, renunciando a las ventajas de este medio (relación personal, seguridad de que el mensaje llega a su directo destinatario, relación dialogante). Esto sucede, sobre todo, cuando por alguna razón se necesita o desea dejar constancia escrita, y también cuando el contenido hace posible que se produzcan errores de entendimiento (por ejemplo, cuando se trata de datos numéricos). De ahí que, por esta ventaja, los principales usuarios sean empresas y muy especialmente las multinacionales, que requieren una coordinación mundial para sus actividades. Los bancos

también suelen preferir el télex al teléfono, pues en muchos casos no pueden tomarse iniciativas sin autorización escrita. Otro usuario importante del télex es la prensa, que hace uso de él a gran escala desde que se inició su difusión.

Por otra parte, mediante el servicio de télex pueden enviarse mensajes a la persona interesada aun cuando ésta se encuentre ausente (función que el teléfono ha venido también a cubrir con el contestador automático), e incluso se pueden transmitir datos recogidos en archivos electrónicos, lo que hace posible el diálogo entre bases de datos.

En los últimos años, las compañías que explotan la red de télex ofrecen servicios complementarios cada vez más útiles; como ejemplo puede citarse la posibilidad de realizar consultas estadísticas, cotizaciones de divisas, etc., disputando este terreno a los bancos de datos, servicios de teletexto y a otros más.

Por todas estas razones, el sistema télex sigue compitiendo ventajosamente. En opinión de los expertos tiene ante sí un futuro largo y prometedor.

Véase **Teléfono; Telégrafo; Teletipo**



# Temperatura y escalas termométricas

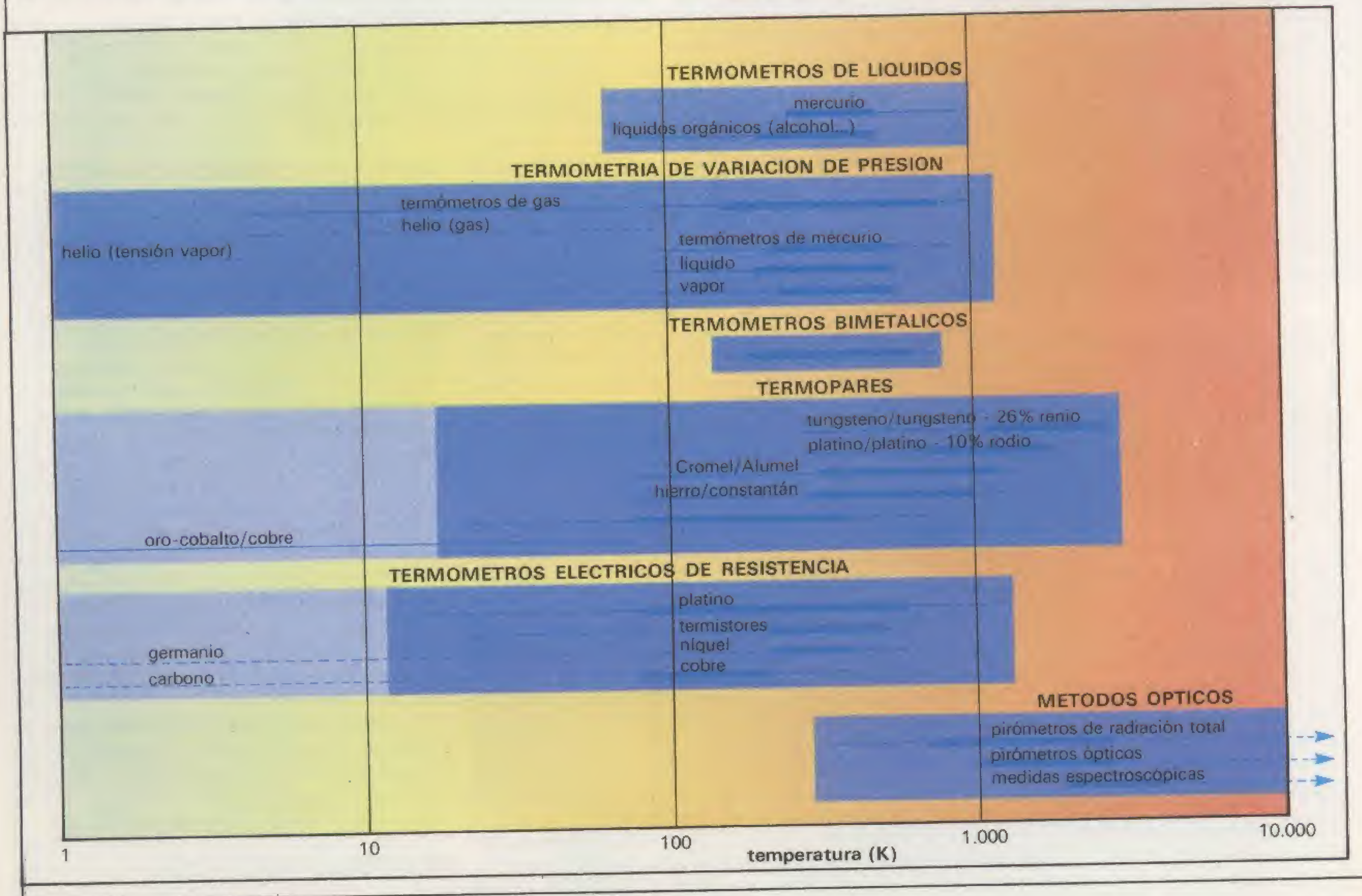
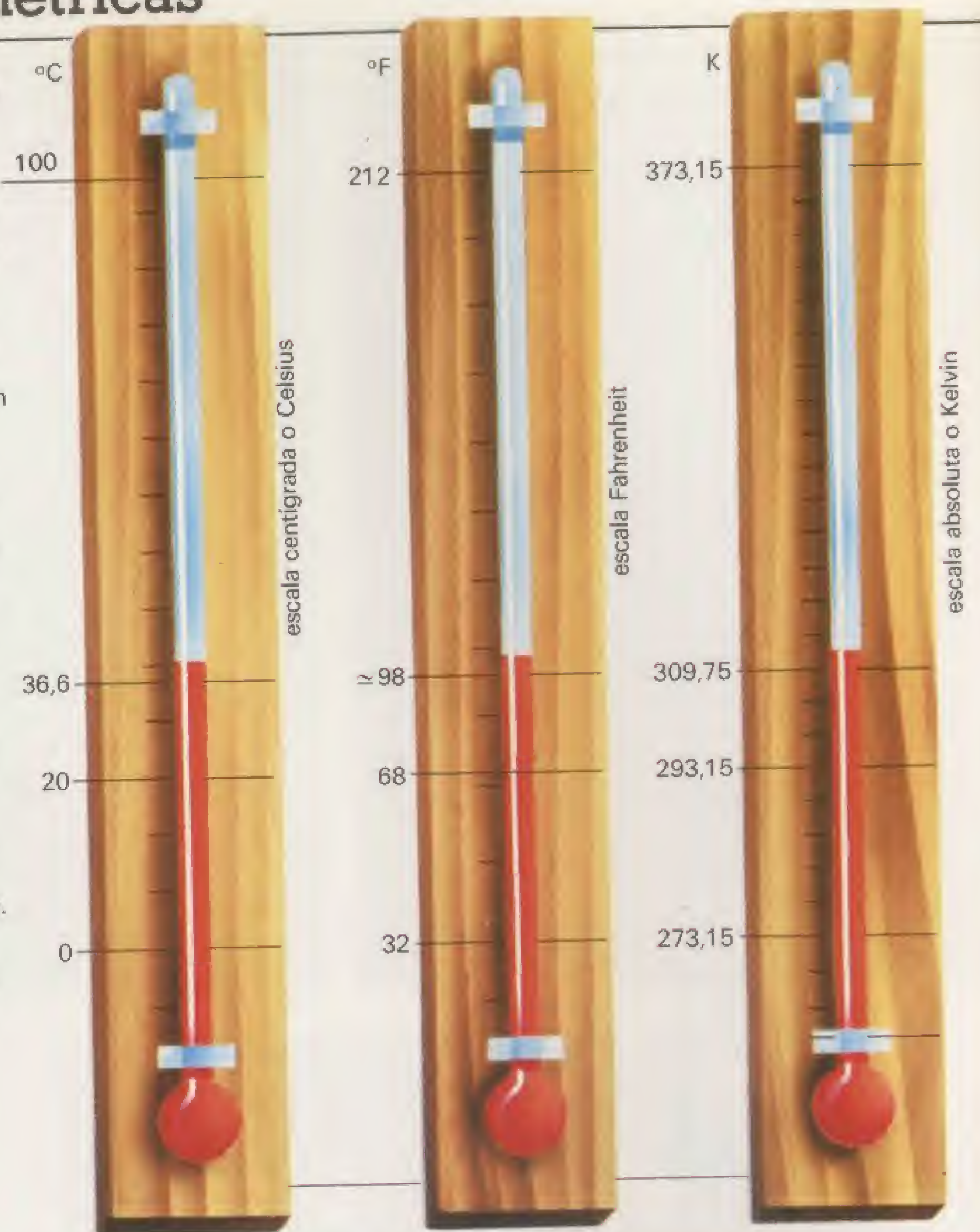
El sentido del tacto ha facilitado al hombre la noción intuitiva de temperatura; la impresión que el calor ejerce sobre nuestro cuerpo permite emitir un juicio sobre el estado calorífico del medio que nos rodea.

Sin embargo, la opinión que nos formamos del objeto cuando decimos que está *caliente* o *frío* es una sensación fisiológica de tipo subjetivo que puede inducirnos a error. El contacto con un mismo objeto puede producir simultáneamente impresiones diferentes, y aun opuestas, a personas que procedan de dos ambientes distintos, como, por ejemplo, de un local refrigerado y de la calle en un día caluroso de verano. Por otra parte, cuerpos de naturaleza diferente, como madera, mármol o lana, aun estando a la misma temperatura, nos producen sensaciones diferentes, que pueden dar lugar a la emisión de juicios incorrectos respecto a la temperatura a que se encuentran.

Con la construcción del primer termómetro hacia el año 1600 por Galileo Galilei, el hombre del Renacimiento tuvo en sus manos un instrumento objetivo para la medida de la temperatura de los líquidos y del aire. Rápidamente, versiones mejoradas se extendieron por todo el mundo conocido, dando origen a la *termometría*, especialidad de la Física dedicada al estudio de las medidas de temperatura.

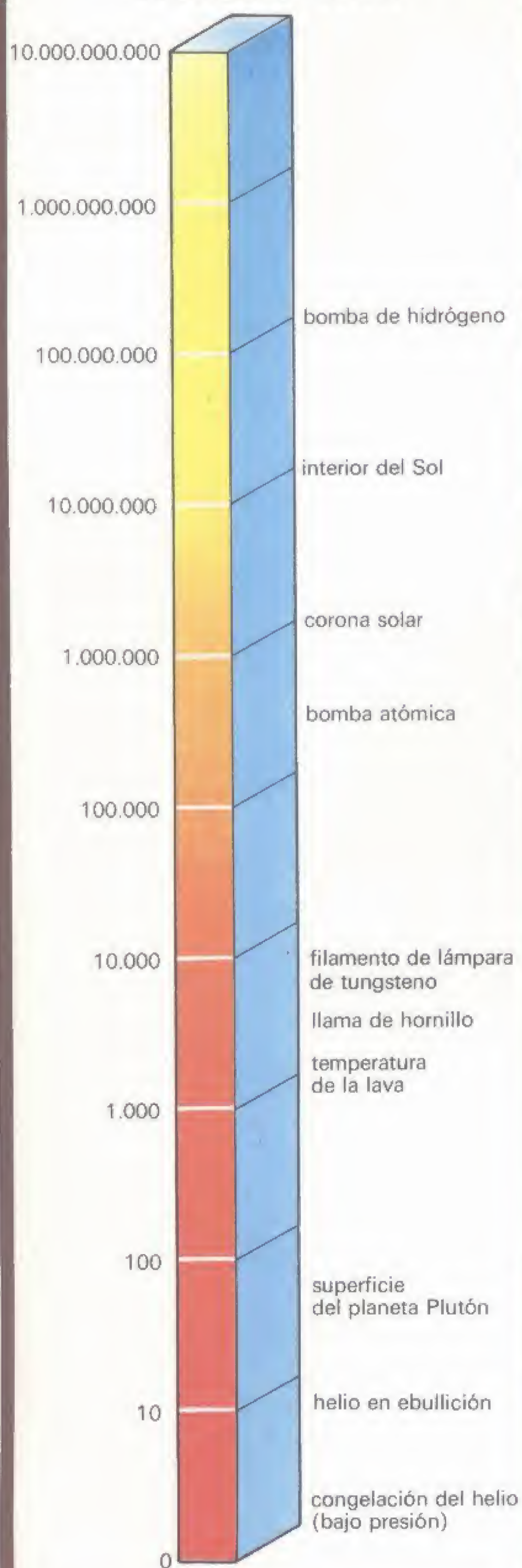
**Escalas diferentes, grados distintos**  
La necesidad científica de establecer la

La temperatura de una sustancia se mide según escalas termométricas cuya definición es totalmente arbitraria, y está relacionada, en general, con cualquier fenómeno físico observable empíricamente y bien conocido, como es el caso de las temperaturas de fusión del hielo o de ebullición del agua, en la escala Celsius. En la figura, la escala Celsius, la escala Fahrenheit y la escala Kelvin. La escala Fahrenheit continúa utilizándose en los países anglosajones, mientras que la Celsius se emplea en los países que adoptaron el sistema métrico decimal. La escala Kelvin mide temperaturas absolutas y se utiliza sobre todo en la termometría científica. En esta escala, la elección del cero se estableció a partir de consideraciones teóricas.





## ALGUNAS TEMPERATURAS DE LA ESCALA KELVIN



En el diagrama de la izquierda se han reagrupado los diversos tipos de termómetros que se utilizan, el rango de temperaturas que miden, expresado en grados Kelvin, y la aplicación por grupos de cada uno de ellos. Se puede observar que los instrumentos que permiten las mediciones de temperaturas más

elevadas, por encima de los 10.000 K, son aquellos que se basan en métodos ópticos o de medición indirecta, mientras que los que miden las temperaturas más bajas son los termómetros a termopar de oro-cobalto y cobre, y los eléctricos de resistencia al germanio y al carbono.

relación numérica que se correspondiera con las distintas temperaturas que un cuerpo puede alcanzar hizo que aparecieran en cada termómetro, en primer lugar, puntos fijos fácilmente identificables con fenómenos que siempre tienen lugar a la misma temperatura y, en segundo, una serie de divisiones a intervalos regulares que correspondían a un cierto número de grados de temperatura. La elección de los puntos fijos extremos (puntos de fusión del agua, de la mantequilla, de congelación de aceite, etc.) y el número de divisiones o de grados, dio origen hasta a treinta y cinco *escalas termométricas* diferentes, de las cuales sólo unas cuantas alcanzaron una amplia difusión y siguen empleándose actualmente.

En 1714, un fabricante de instrumentos, Gabriel Daniel Fahrenheit, fijó el nivel cero de su escala sobre un punto curioso: el punto de congelación de una mezcla a partes iguales de hielo y amoníaco, que en aquel tiempo se pensaba que era la temperatura más baja que podía alcanzarse en el laboratorio. Como punto superior eligió la temperatura del cuerpo humano, dividiendo el intervalo resultante primero en 24 y luego en 96 partes iguales. De acuerdo con esta escala, el punto de fusión del hielo se encuentra en 32 °F y la temperatura de ebullición del agua se sitúa en 212 °F.

La escala centígrada fue ideada en 1742 por el astrónomo sueco Anders Celsius, quien utilizó como puntos fijos el de fusión del hielo y el de ebullición del agua, creando un intervalo de 100 °C entre los dos, según el cual, al primero le correspondían 0 °C y al segundo 100 °C.

El mismo intervalo fue dividido de una manera distinta por el físico francés Réaumur, quien en 1731 fijó el punto de fusión del hielo en 0 °R y el de ebullición del agua en 80 °R. Con el transcurso del tiempo, esta escala pasó de Francia a Europa Central, donde fue muy utilizada hasta principios del siglo XX, pero actualmente ha caído en desuso. El sistema Fahrenheit traspasó las fronteras alemanas y se convirtió en la escala utilizada en todo el Imperio Británico y Estados Unidos, donde aún continúa empleándose, si bien en ciertas áreas de actividad comienza a darse la temperatura en grados centígrados o en ambas escalas a la vez. Mientras, la escala de Celsius se ha extendido desde Suecia a todos los países que usan el Sistema Métrico Decimal.

**Temperaturas absolutas** Una cuarta escala, llamada *absoluta* o de *Kelvin*, utiliza también como intervalo de medida el grado centígrado, con una diferencia entre la temperatura de fusión del hielo y la de ebullición del agua de 100 K. Sin embargo, en este caso los dos puntos fijos se sitúan en 273 K y 373 K respectivamente. El extremo inferior de esta escala se fijó en la temperatura más baja que puede alcanzar la materia, y que fue calculada teóricamente a partir de las leyes que rigen el comportamiento de los gases y del coe-



Sobre estas líneas, una aplicación de las nuevas técnicas de medida: la termografía médica, que consiste básicamente en la observación del aumento de la temperatura corporal en las zonas afectadas por un proceso patológico. A partir de la propia radiación térmica, correspondiente a la zona infrarroja del espectro, se obtiene una imagen del reparto

de la temperatura en el cuerpo humano. La imagen obtenida es una reproducción del mapa térmico en la que aparecen las zonas más calientes en color claro y las más frías en oscuro. A la izquierda, una columna que muestra, en escala logarítmica, la temperatura en grados Kelvin a la que tienen lugar determinados procesos físicos, químicos y moleculares.

ficiente de dilatación de los gases perfectos. Según esto, a una temperatura de 273,15 °C por debajo de cero, su presión se anula, y, según la teoría molecular de los gases, esto significa que las moléculas han perdido toda su energía cinética y han dejado de moverse. Como la temperatura de un cuerpo no es más que una manifestación de la energía con que se mueven sus moléculas, al alcanzar este estado de inmovilidad molecular también se habría alcanzado la temperatura más baja que puede tener una estructura material; en consecuencia, una escala que tenga como extremo inferior este punto fijo —que recibe el nombre de *cero absoluto*— será una escala absoluta de temperaturas.

Además de la escala Kelvin, existe otra escala de temperaturas absolutas en la que el intervalo de temperaturas viene dado en grados Fahrenheit, y que recibió el nombre de escala *Rankine*. Mientras que esta última prácticamente no se utiliza, la de Kelvin se emplea normalmente —y en muchos casos de forma exclusiva— en el campo de la investigación científica.

Véase **Calor; Calor, transmisión del; Sistema de unidades; Termómetro**



# Tensión superficial

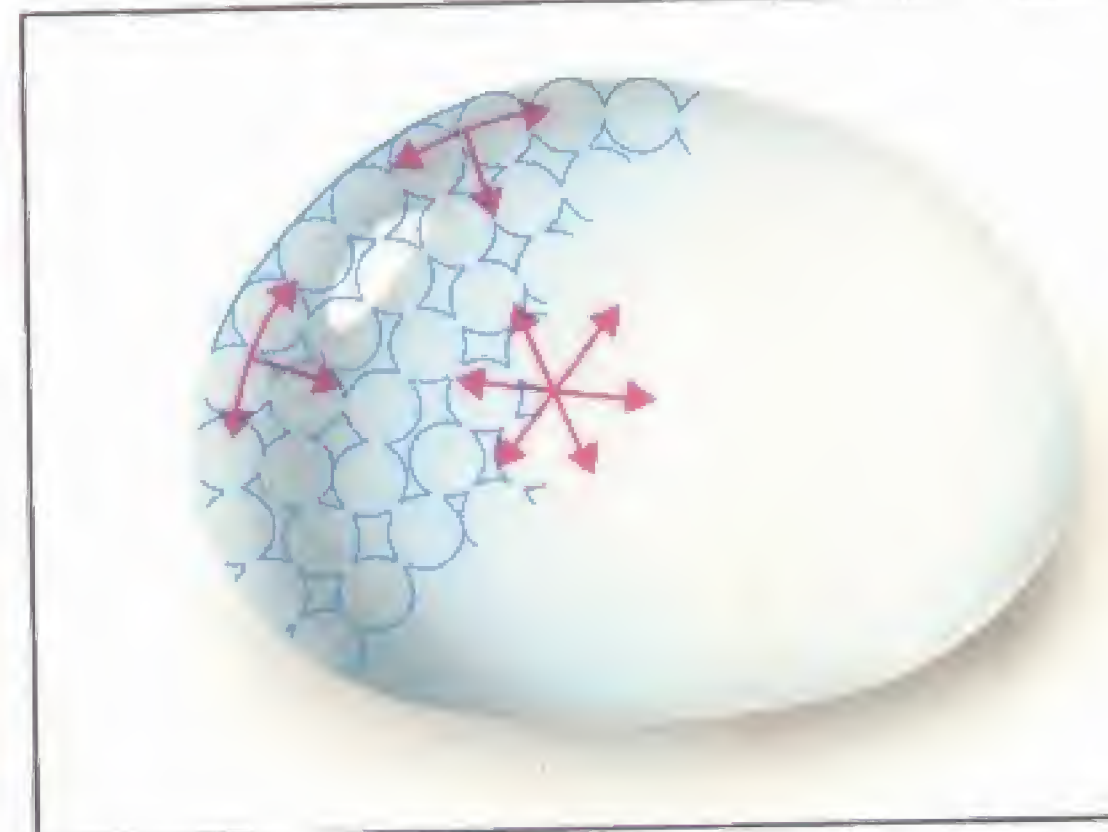
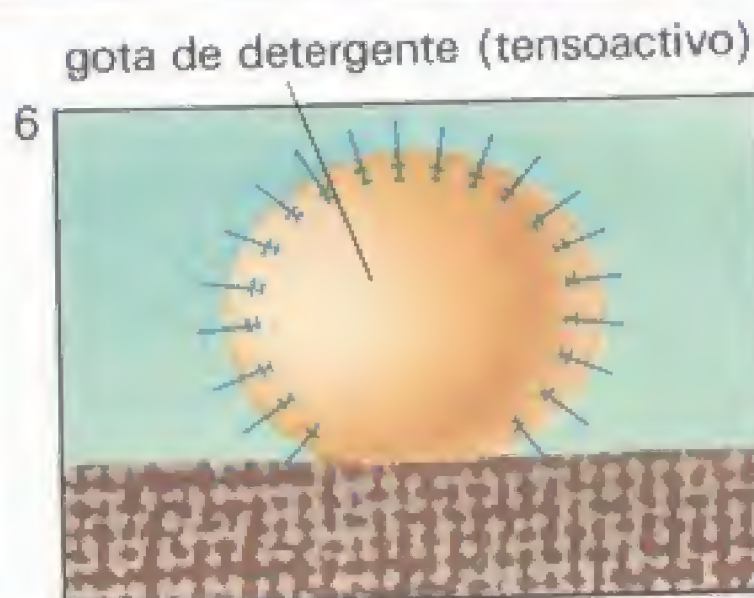
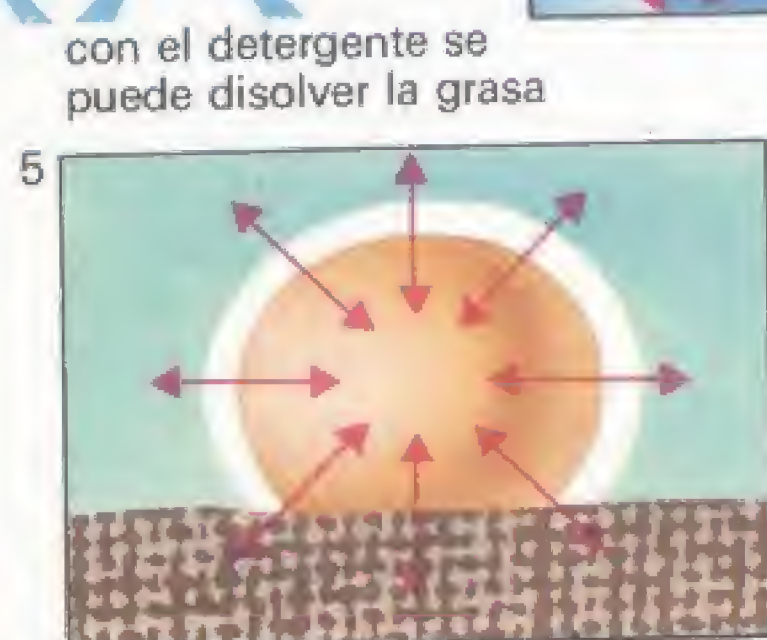
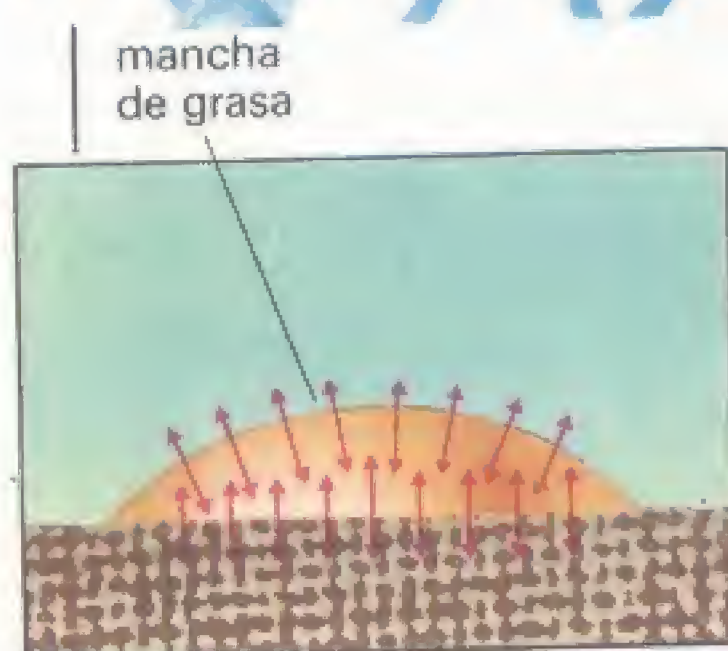
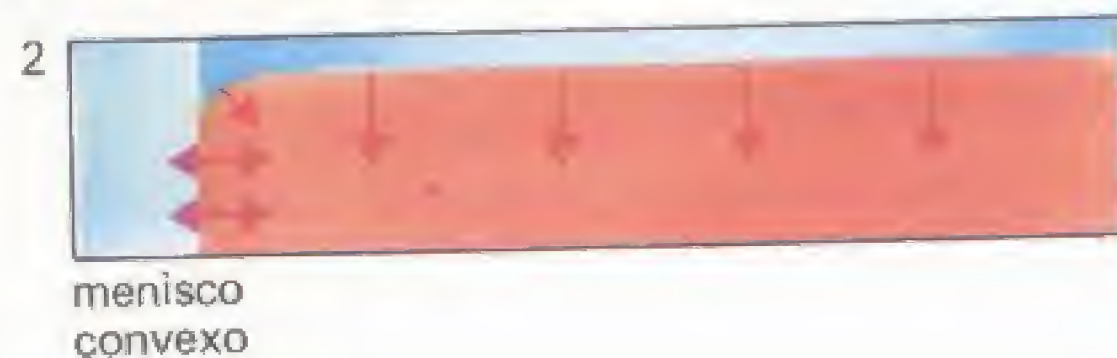
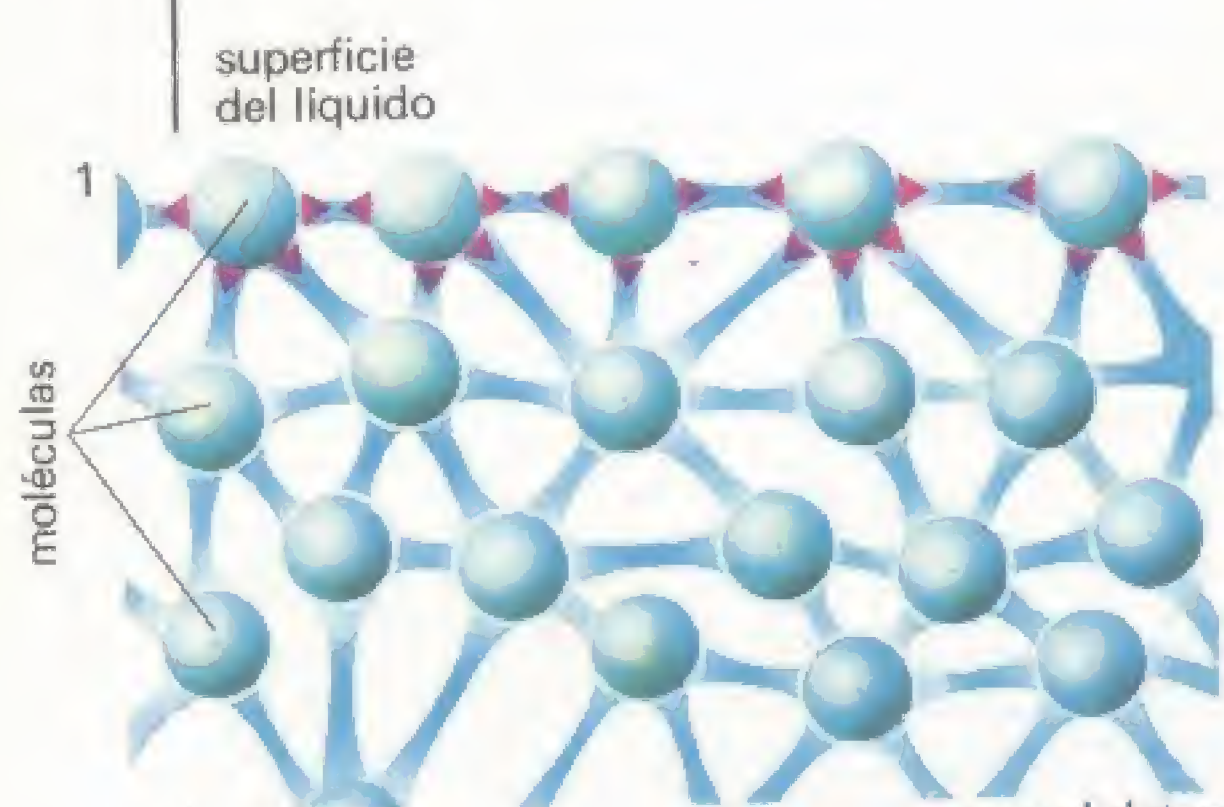
**E**n las tranquilas tardes de verano es bastante común ver a ciertos insectos reposar sobre la superficie del agua de los pantanos. A primera vista parecen flotar, pero si se observan atentamente se puede comprobar que sus cuerpos no tocan enteramente el agua, y que sus patas parecen apoyarse sobre una invisible película superficial; al intentar acercarnos, emprenden rápidamente la huida, deslizándose sobre el agua con la misma facilidad con que los animales de tierra pueden corretear por los prados.

Estos insectos pueden sostenerse y "caminar sobre el agua" por las mismas causas físicas por las que se puede hacer que una aguja o una cuchilla de afeitar floten sobre una superficie líquida: un líquido cualquiera se comporta siempre como si estuviera encerrado por una sutil y elástica película que le permite cambiar de forma. Este fenómeno recibe el nombre de *tensión superficial* y depende de las fuerzas que se crean entre las moléculas que forman el líquido.

**Atracción molecular** Los líquidos, como los otros estados de la materia, están compuestos por moléculas, es decir, por grupos de átomos, unidos por *enlaces*, que se comportan como un conjunto. Las moléculas de un líquido, que están vagando en su ambiente con una cierta libertad,



Ya que un líquido libre en el espacio tiende a adoptar el mínimo volumen, las gotas sobre una hoja adoptarán la forma de semiesferas. La tensión superficial permite al insecto de la foto de la página siguiente sostenerse y "caminar sobre el agua". Las fuerzas de la tensión superficial (1) son las causantes del fenómeno de la capilaridad. Si el líquido contenido en un capilar "moja" las paredes (3), el menisco resulta cóncavo. Si, por el contrario, el líquido no las moja, el menisco será convexo (2). Al sumergir en el agua un tejido manchado, raramente se logra eliminar la suciedad, ya que la tensión superficial del agua impide que aquella se disuelva (4). Sin embargo, añadiendo un producto tensoactivo, como, por ejemplo, un detergente cualquiera, éste actúa disminuyendo la tensión superficial del agua y aumentando, por tanto, su poder de penetración (6).



En un líquido, todas las moléculas ejercen una atracción mutua sobre las otras moléculas que las rodean; en el interior del líquido las fuerzas atractivas terminan por anularse; sobre la superficie, sin embargo, la atracción

sólo tiene lugar hacia el interior; por esta razón la superficie se encuentra en tensión (tensión superficial) y se comporta como una película que encierra el líquido, haciendo así, por ejemplo, que una gota adopte forma esférica.

mantienen una cierta atracción recíproca; pero, mientras que las moléculas en el interior del líquido están rodeadas completamente por otras moléculas y son, por tanto, atraídas en todas las direcciones con la misma intensidad, aquellas que constituyen la capa superficial son atraídas, exclusivamente, por las moléculas situadas bajo ellas, dentro de la semiesfera normal de atracción, lo que da lugar a una fuerza resultante que tiende a llevar las moléculas superficiales hacia el interior de la masa del líquido y, como consecuencia, a reducir la superficie de éste, el cual se comporta como si estuviese confinado

en el interior de una membrana elástica. En definitiva, cuando no actúan otras fuerzas exteriores, las moléculas líquidas, debido a las fuerzas de cohesión, se acercan unas a otras cuanto más pueden, agrupándose según esferas. En efecto, a igualdad de volumen, una esfera presenta la superficie mínima, y cualquier deformación que ésta experimente llevará asociado un aumento de superficie, lo que representará tener que realizar un trabajo en contra de las fuerzas atractivas que las moléculas ejercen entre sí. Se puede, entonces, asociar a la superficie de cada líquido una energía potencial (E), proporcional a su

área (S) de manera que  $E = \sigma S$ . El coeficiente de proporcionalidad  $\sigma$  recibe el nombre de tensión superficial.

Un ejemplo que ilustra de forma bastante clara este fenómeno es el de las burbujas de jabón. Estas, compuestas por una débil película, están también sujetas a la tensión superficial. También, naturalmente, son redondas, ya que se contraen hasta conseguir la mínima superficie. Recientemente, los matemáticos han dirigido su interés al estudio de las burbujas de jabón, con el fin de resolver problemas relacionados con las formas geométricas tridimensionales con mínima superficie.



Cuando algunas pompas de jabón se unen, su superficie debe cambiar teniendo siempre en cuenta la tensión superficial de cada una; de ésta manera, racimos de burbujas que se interceptan recíprocamente pueden proporcionar muchas informaciones acerca de la configuración superficial mínima que pueden adoptar grupos de objetos tridimensionales.

**Tensión superficial de distintas sustancias** El aumento de la superficie de un líquido exige realizar un trabajo por unidad de superficie, que es precisamente lo que mide la tensión superficial de dicho líquido. Por tanto, la tensión superficial se expresa en unidades de trabajo por unidad de superficie, es decir, ergios/cm<sup>2</sup>, en el sistema C.G.S. y julios/m<sup>2</sup>, en el Sistema Giorgi. El mercurio tiene una tensión superficial mayor que el agua; el bencol y el alcohol, en cambio, la tienen menor.

Al calentar un líquido disminuyen las fuerzas de atracción entre las moléculas y, por tanto, la tensión superficial. La adición de ciertas sustancias a un líquido puede también producir un efecto similar. La mayor parte de los jabones y detergentes actúa reduciendo la tensión superficial del agua. Una tensión superficial más baja permite al agua jabonosa penetrar en el tejido, liberando así la suciedad.

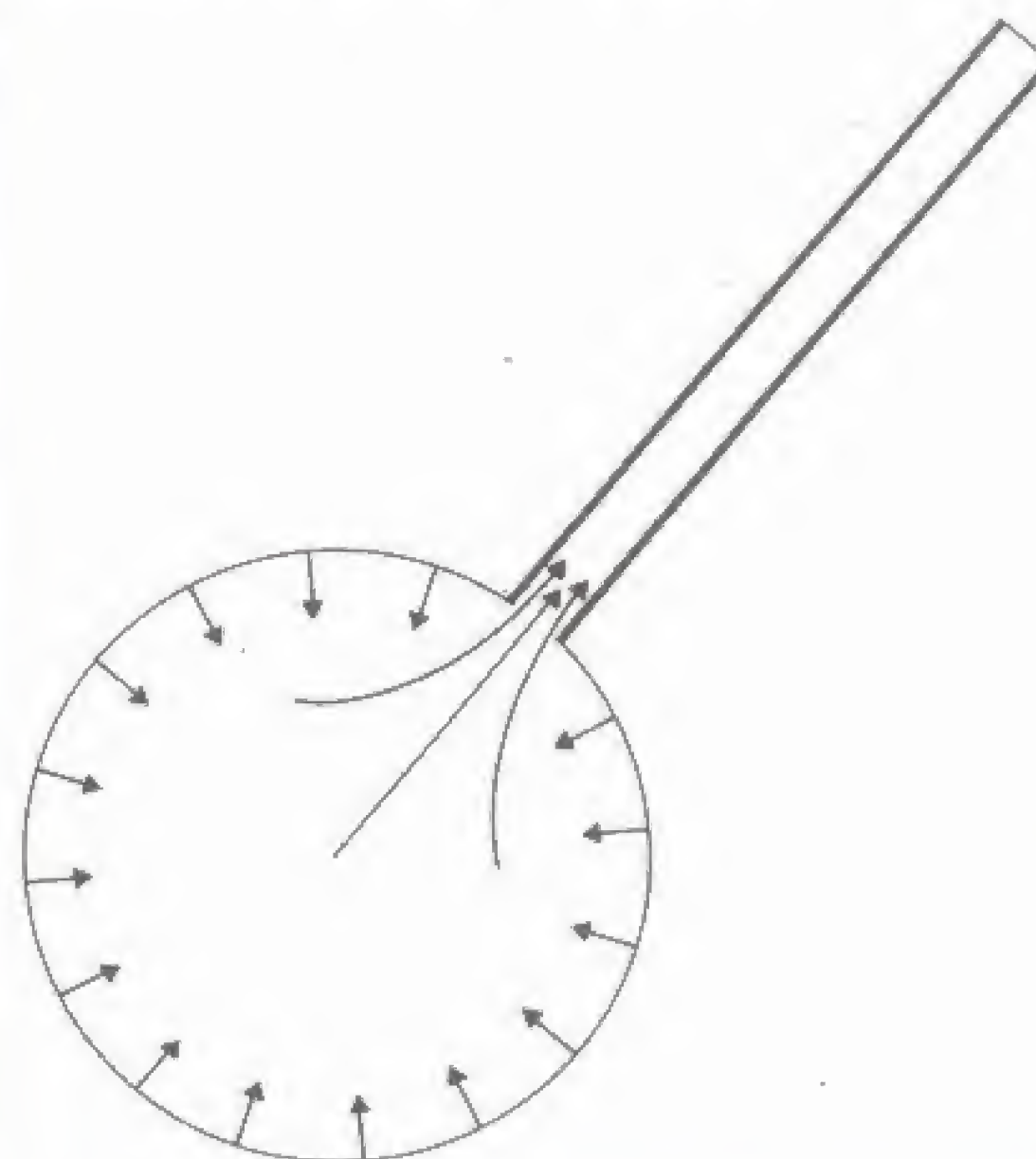
Véase **Detergente; Molécula**

Las burbujas de jabón permiten evidenciar la tensión superficial de un líquido: soplando por una caña

sumergida en agua jabonosa, se obtiene una burbuja con un espesor de pocas milésimas de

milímetro; si la burbuja no se desprende, las moléculas de la superficie tienden a acercarse y comprimen

el aire hacia el interior, haciéndolo fluir nuevamente por la caña hacia el exterior.



Al sumergir una malla de hilo metálico en agua enjabonada (que es un líquido de fuerte tensión superficial), las superficies libres de la malla aparecen recubiertas por finas películas delimitadas por los hilos; debido a la tensión, esas superficies tienden a ser mínimas y son, por tanto, planas, sea cual sea la forma de la malla. Para obtener una solución jabonosa de fuerte tensión superficial, se disuelve jabón en agua no calcárea (preferiblemente, agua destilada) añadiendo glicerina, que hace más lenta la evaporación y permite así una mayor duración de la membrana.





# Teoría cuántica de la luz

La teoría de los *quanta* o *cuantos* tuvo su origen en el año 1900, en un "acto de pura desesperación" del físico alemán Max Planck, cuando intentaba explicar algunas características extrañas de la emisión de luz utilizando para ello las teorías físicas aceptadas por entonces. Como tantos otros que se habían ocupado de tal problema, él también parecía haber llegado a un punto muerto, tomara la dirección que tomara en sus investigaciones.

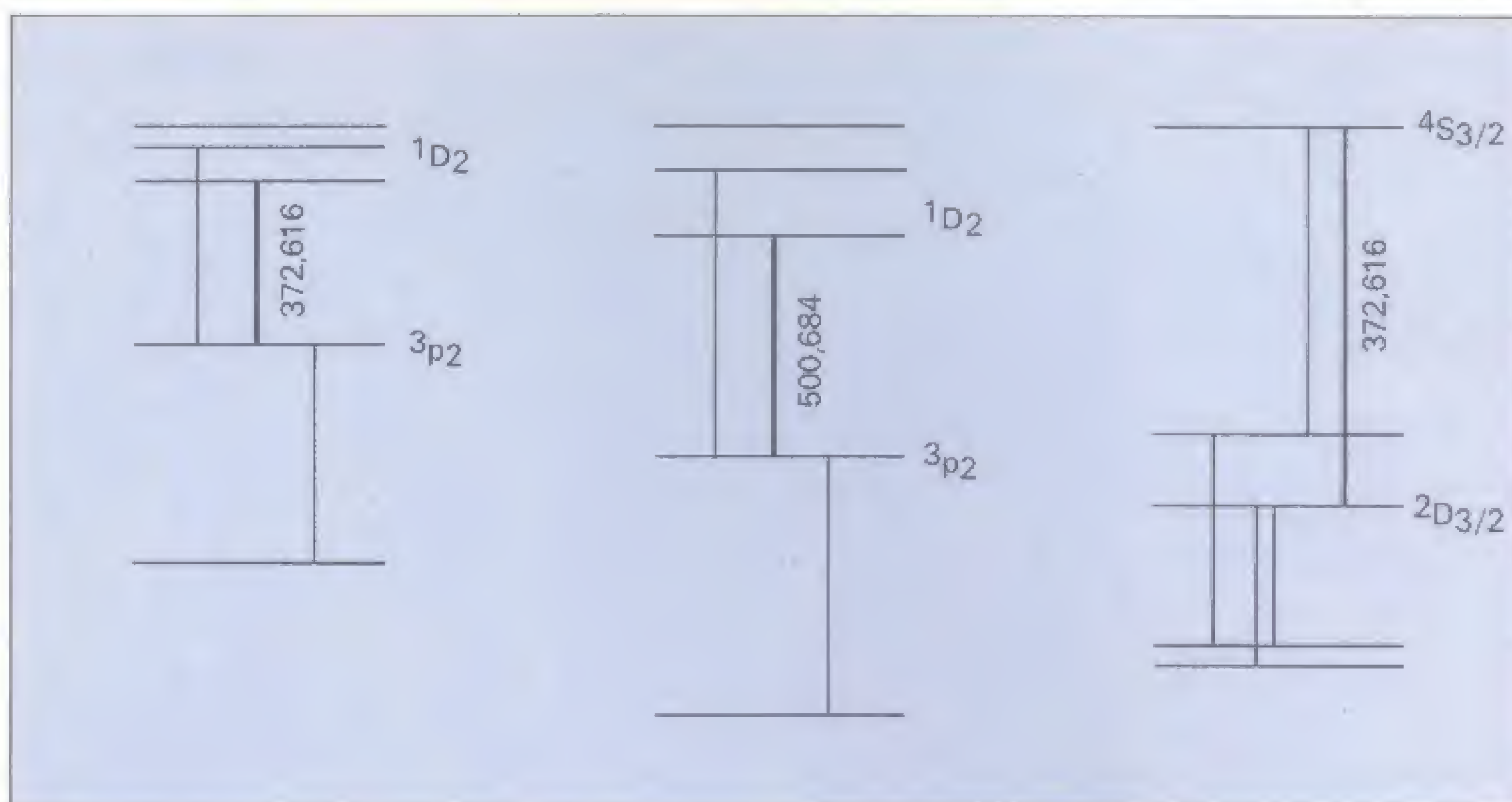
Planck formuló entonces una nueva hipótesis, que, sin él saberlo, habría de cambiar el curso de la ciencia. Según ésta, la luz se emitía en paquetes discretos de energía, o cuantos. Por ejemplo, la luz que emite una barra de hierro al rojo vivo, según Planck, estaba compuesta por impulsos de luz minúsculos, los cuantos, demasiado pequeños para que nuestros ojos pudieran percibirlos. Sin embargo, conviene señalar que Planck propuso esa hipótesis con cierta prevención, ya que no tenía ninguna justificación según la Física clásica; además, era contraria a muchos de los postulados más importantes de ésta. De ahí que profundizase en el intento de adaptarla a las teorías aceptadas. Pero mientras más profundizaba, más se afirmaba en su hipótesis, cuya validez fue aumentando, hasta el punto de hacerse extensiva también a la materia.

**Emisión de la luz** Los misteriosos "sucesos" que dieron pie a su revolucionaria idea y que él se proponía explicar, se referían a la emisión de luz de ciertos materiales. Por lo que se sabía entonces, la luz era energía que se propagaba a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas, que son campos eléctricos y magnéticos variables producidos por el movimiento de una carga. Las ondas electromagnéticas, al igual que las mecánicas, se caracterizan por su longitud de onda (distancia entre dos crestas consecutivas) y su frecuencia (número de oscilaciones por unidad de tiempo).

Esas ondas electromagnéticas, de las que la luz no es sino un caso particular, constituyen una emisión debida al movimiento oscilatorio ultrarrápido de pequeñas partículas con carga eléctrica, los electrones, que rodean el núcleo del átomo. Una forma de generar las ondas electromagnéticas se obtiene, precisamente, a través del calentamiento de los materiales. Por ejemplo, cuando se calienta hierro, éste emite luz roja; después, al elevar su temperatura, llega a emitir luz blanca.

Pues bien, de acuerdo con los postulados de la Física clásica, se pensaba que los electrones estaban repartidos alrededor del núcleo, como montados en pequeños muelles. Cuando un material se calienta, sus átomos absorben energía, la cual perturba los electrones haciéndoles oscilar en torno a su posición original. Cuando los electrones pierden esa energía adquirida, lo hacen emitiendo luz.

Pero sucedía que las predicciones de la teoría clásica respecto al tipo y cantidad de luz emitida no coincidían con los

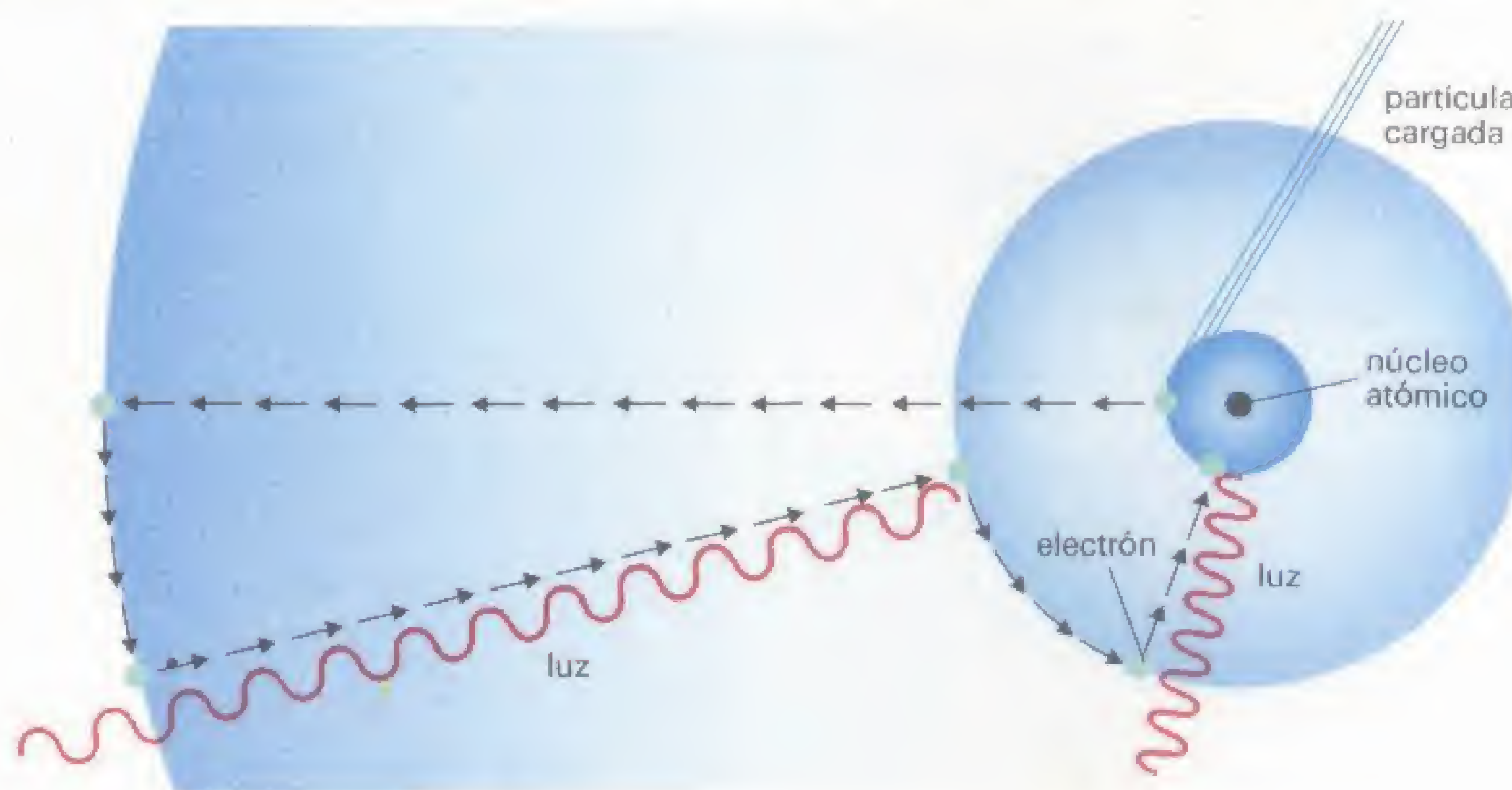


Arriba se han representado tres diagramas de una estructura atómica, donde se da idea de algunas magnitudes, como el nivel de

energía de un electrón. Las líneas horizontales indican, con su altura respecto a la línea de base, la cantidad de energía disponible en el nivel. En cambio, las

líneas verticales indican las posibles transiciones, es decir, los saltos de un electrón de un nivel de energía a otro. En algunos de estos

niveles, el electrón puede permanecer durante largo tiempo, y por ello reciben el nombre de metaestables, o sea, casi estables.



Sobre estas líneas, esquema del interior del átomo con tres posibles niveles de energía donde se puede encontrar el electrón. Al principio está abajo y es alcanzado por una

radiación (rayo que baja desde arriba, a la derecha). La energía recibida hace que el electrón salte a una órbita situada más lejos del núcleo. Se puede ver que el electrón se mueve

por la órbita y, casi inmediatamente, desciende a otra órbita más baja, en resumen, más cercana al núcleo. En este último paso se emite una energía que se libera en forma de onda luminosa (y se

dirige hacia la izquierda). Sin embargo, también en la nueva órbita el electrón es inestable: cumple otra fracción de giro y regresa a la órbita de partida, más próxima al núcleo.

resultados experimentales, e incluso algunas resultaron ser totalmente erróneas. Por ejemplo: según la teoría clásica, la luz ultravioleta, que es más energética, debería ser emitida en cantidades mayores que la luz roja, menos energética. Sin embargo, en la realidad sucedía todo lo contrario. Esta contradicción entre la teoría y las observaciones experimentales se denominó *catástrofe ultravioleta*, y muchos científicos intentaron resolverla, aunque sin éxito.

**La constante de Planck** Esa fue, precisamente, la crisis que provocó lo que Planck llamó su "acto de pura desesperación". Para resolverla, propuso algo que para los científicos de la época, e incluso para él mismo, resultaba absurdo: los electrones, por alguna razón desconocida,

pueden emitir sólo determinadas cantidades de energía luminosa, en forma de "paquetes" de luz o *cuantos*. Sólo se podía emitir un número entero de cuantos, y nunca fracciones de éstos. La energía de los cuantos era proporcional a la frecuencia de la radiación luminosa. La luz de frecuencia más alta, como la ultravioleta, estaba formada por cuantos más energéticos que los que formaban la luz roja, cuya frecuencia era menor.

Para probarlo, Planck realizó diversos cálculos, buscando establecer una relación entre la energía y la frecuencia de un cuanto de luz. Según su hipótesis, las dos magnitudes eran directamente proporcionales y, en consecuencia, tenía que existir algún factor que las relacionara, y efectivamente lo había, y fue hallado poco después por el propio Planck.





Ese factor de proporcionalidad, conocido como *constante de Planck*, permite obtener la energía de un cuanto, y constituye una de las bases fundamentales de la Física moderna. La constante de Planck se expresa en ergios  $\times$  segundo, siendo un ergio (*erg*) el trabajo efectuado por una fuerza de una dina actuando sobre una partícula que se mueve un centímetro en la dirección de dicha fuerza. El valor de dicha constante ( $h$ ) vale  $(6,626196 \pm \pm 0,000050) \times 10^{-27}$  erg  $\times$  segundo (ó  $\times 10^{-34}$  julios  $\times$  segundo).

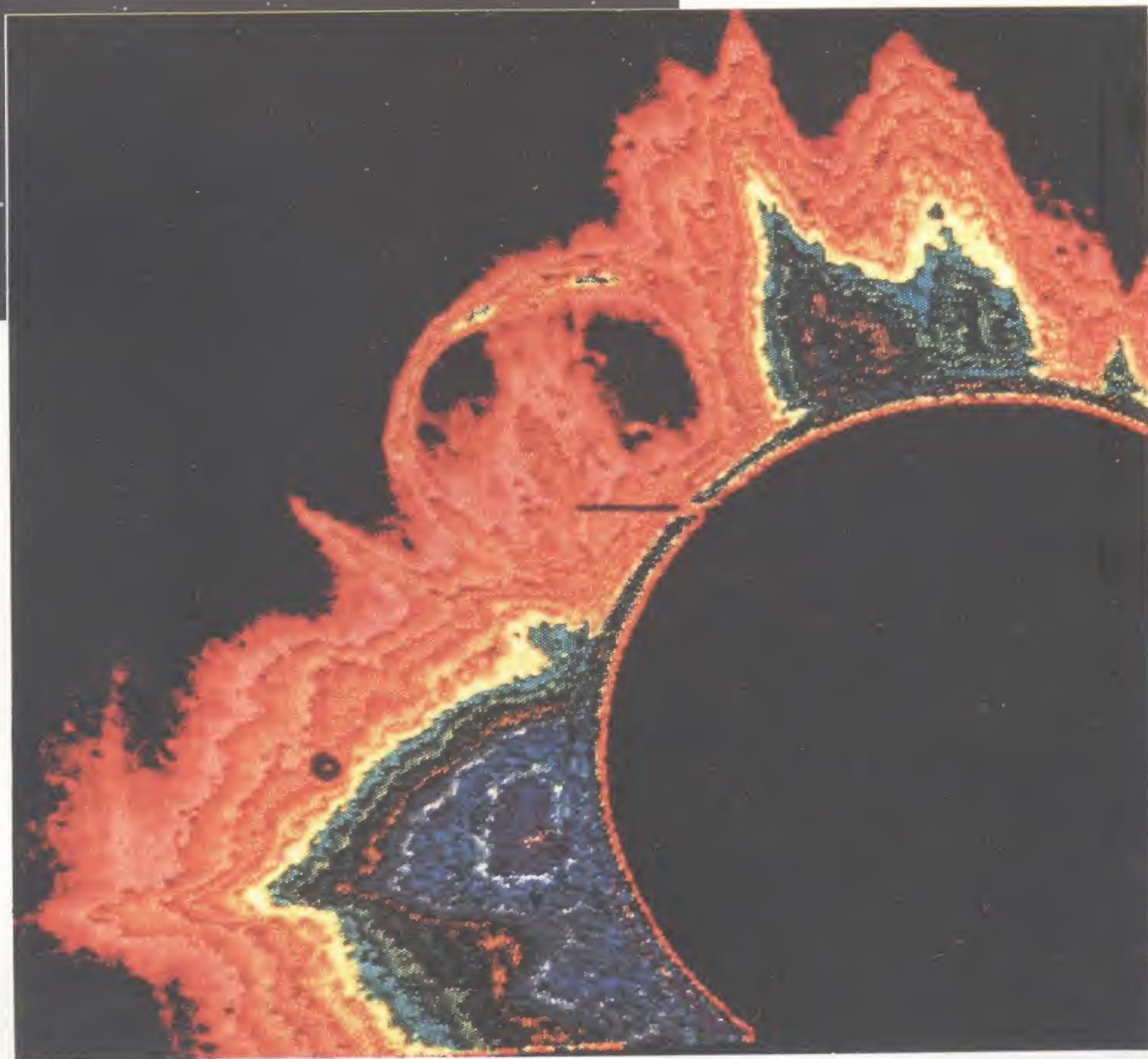
Digamos que una onda electromagnética con una frecuencia de varios millones de ciclos por segundo (una onda típica de radio) está formada por cuantos que tienen una energía del orden de  $10^{-21}$  erg, lo que indica que un salto cuántico es en realidad un escalón energético pequeñísimo.

**Efecto fotoeléctrico** La idea de Planck tuvo una inmediata difusión entre la comunidad científica, y se utilizó para intentar dar respuesta a todos aquellos fe-

→ se observó un espectro en las nebulosas que inducía a pensar en la existencia de un nuevo

elemento, el nebulio. Sin embargo, se trataba del conocidísimo oxígeno.

En la Física atómica tiene gran importancia estudiar el movimiento de los electrones alrededor del núcleo para conocer la estructura del átomo. El conocimiento de esta estructura y de la dinámica de sus cambios tiene gran importancia para la construcción de instrumentos como el láser y otras aplicaciones futuras. Por este motivo se habla de Óptica cuántica, es decir, fenómenos ópticos en los que tiene una importancia fundamental la forma de producirse la radiación en el átomo. Las conquistas de la Óptica cuántica encuentran también aplicación en la ciencia pura: aquí vemos dos ejemplos de gases en nebulosa. Arriba, una nebulosa planetaria, y abajo, a la derecha, gases de la corona solar. A principios de siglo →







HAZ LASER CON IMPULSOS DE CORTA DURACION



DISPOSITIVO PARA GENERAR IMPULSOS LUMINOSOS DE CORTA DURACION

Estudiar experimentalmente el tiempo de permanencia de un electrón en un nivel energético de un átomo implica medir tiempos de cienmillonésima de segundo o menos. Una exigencia de estos experimentos es disponer de impulsos de luz con una duración menor que una milmillonésima de segundo. A la izquierda, en el haz de arriba se observan ensanchamientos correspondientes al aumento temporal de la emisión luminosa durante tiempos de, aproximadamente, billonésima de segundo. Esto también se puede conseguir con el dispositivo de la parte inferior, donde un láser empieza a

nómenos que todavía carecían de explicación. Así, en 1905, Albert Einstein la utilizó para explicar el efecto fotoeléctrico.

Muchos metales, e incluso algún no metal, emiten electrones cuando la luz incide sobre ellos. Según los postulados de la Física clásica, los electrones están fuertemente enlazados al núcleo de los átomos, siendo la luz la que les proporciona la energía suficiente para romper tal unión. Este fenómeno se conoce con el nombre de *efecto fotoeléctrico*.

Pero una vez más existían discrepancias entre las teorías de la Física clásica y los resultados experimentales. De hecho, la predicción clásica afirmaba que el número de electrones emitidos y su velocidad de emisión dependían exclusivamente de la intensidad de la luz. Una luz más intensa, independientemente de su frecuencia, habría hecho que el metal emitiera más electrones y a velocidades mayores. Sin embargo, se descubrió que el número de electrones que emitía una sustancia, así como su velocidad de salida, no dependía sólo de la intensidad de la luz, sino también de su frecuencia, teniendo cada sustancia su *frecuencia umbral o mínima*. Una luz cuya frecuencia es mayor o igual que dicha frecuencia umbral produce emisión de electrones; pero si la frecuencia es menor no se produce tal efecto, sea cual sea su intensidad.

Para explicar este comportamiento, Einstein (1905) propuso una teoría que constituía una extensión de la idea de Planck. En efecto, Planck sólo había sugerido la posibilidad de que los fenómenos de emisión de luz tuvieran lugar de forma cuantificada. Fue Einstein el que extendió esta teoría a los fenómenos de absorción, afirmando que éstos también se producían de forma análoga. Según esto, un electrón no podía absorber energía mientras que ésta no fuera la suficiente como para escapar del átomo. Además, tampoco podía hacerlo de forma gradual, a partir de una luz de baja frecuencia. Dicho en otros términos: un electrón podía abando-

nar la superficie de una sustancia sólo después de haber absorbido una energía (en cuantos) superior a su energía umbral característica.

Como hemos podido comprobar, la energía radiante, en su interacción con la materia (procesos de emisión y absorción), se comporta como si tuviese naturaleza corpuscular. Sin embargo, muchos otros fenómenos relacionados con la luz, como la interferencia y la difracción, sólo pueden explicarse bajo la hipótesis de que la luz se propaga con un movimiento ondulatorio. En conclusión, la energía radiante (luz) presenta un carácter dual, el de onda, y el de corpúsculo.

**Líneas espectrales** Curiosamente, el éxito que obtuvo Einstein al explicar el efecto fotoeléctrico fue lo que hizo más conocida la idea de los cuantos de luz, que se convirtió en una hipótesis altamente fecunda. Así, en 1913, encontró una nueva aplicación, esta vez gracias al físico danés Niels Bohr, que estaba estudiando la luz que emitía un átomo de hidrógeno calentado a altas temperaturas. Cuando se hace pasar un rayo de luz blanca a través de un prisma, ésta se divide en los colores que la componen, dependiendo de sus longitudes de onda. Esta banda continua de colores se conoce con el nombre de *espectro visible*, y va del rojo (longitud de onda mayor) al azul (longitud de onda menor). Cuando los átomos de un elemento emiten luz, ésta contiene sólo algunas longitudes de onda determinadas que aparecen en el espectro como líneas separadas. Estas líneas, llamadas *líneas espectrales*, son a menudo complicadas (el espectro del átomo más simple, el de hidrógeno, tiene más de 100 líneas).

Bohr barrió todas las ideas precedentes sobre la disposición de los electrones alrededor del núcleo y ofreció una nueva basada en la teoría de los cuantos. Sugirió que los electrones giran alrededor del núcleo, pero no de la misma forma que los satélites alrededor de la Tierra. Mientras

que estos últimos se pueden colocar en muchas órbitas diferentes alrededor de la Tierra, los electrones pueden estar sólo en unas órbitas determinadas o "*niveles estacionarios*", cada uno de los cuales se caracteriza por una determinada energía de nivel. Las transiciones electrónicas que tienen lugar durante los procesos de absorción y de emisión, aunque numerosas, son restringidas, y sólo pueden producirse entre estos niveles cuantificados, sin pasar por estados intermedios. Cada transición electrónica viene acompañada por la emisión o absorción de un cuanto de energía  $E$ , igual a la diferencia de energía de los dos niveles entre los que tiene lugar la transición, y origina una línea en el espectro de una determinada frecuencia o color  $\nu$ , cuyo valor viene dado por la fórmula de Planck  $E = h\nu$ . Estas frecuencias, para las cuales es apreciable la absorción o la emisión, se denominan frecuencias de "resonancia", y cada una corresponde a una determinada transición.

**Mecánica cuántica** En los dos decenios siguientes al nacimiento de la teoría de Planck, ésta se utilizó para explicar distintos aspectos de la luz, como su emisión (Planck), absorción (Einstein) y las líneas espectrales (Bohr). En 1924, el físico francés Louis Victor de Broglie demostró que las partículas materiales, como los electrones, también tenían propiedades ondulatorias y presentaban una longitud de onda y una frecuencia asociadas. La constante de Planck, asimismo, rige el funcionamiento de las ondas de materia y la materia se presenta también en forma de cuantos. Revisando estos y otros conceptos, Bohr escribió en 1925 que la existencia de los cuantos "requiere una revolución profunda de los conceptos en los que se ha fundado hasta ahora la descripción de la Naturaleza". Esa revolución se produjo poco tiempo después y dio lugar a la *Mecánica cuántica*.

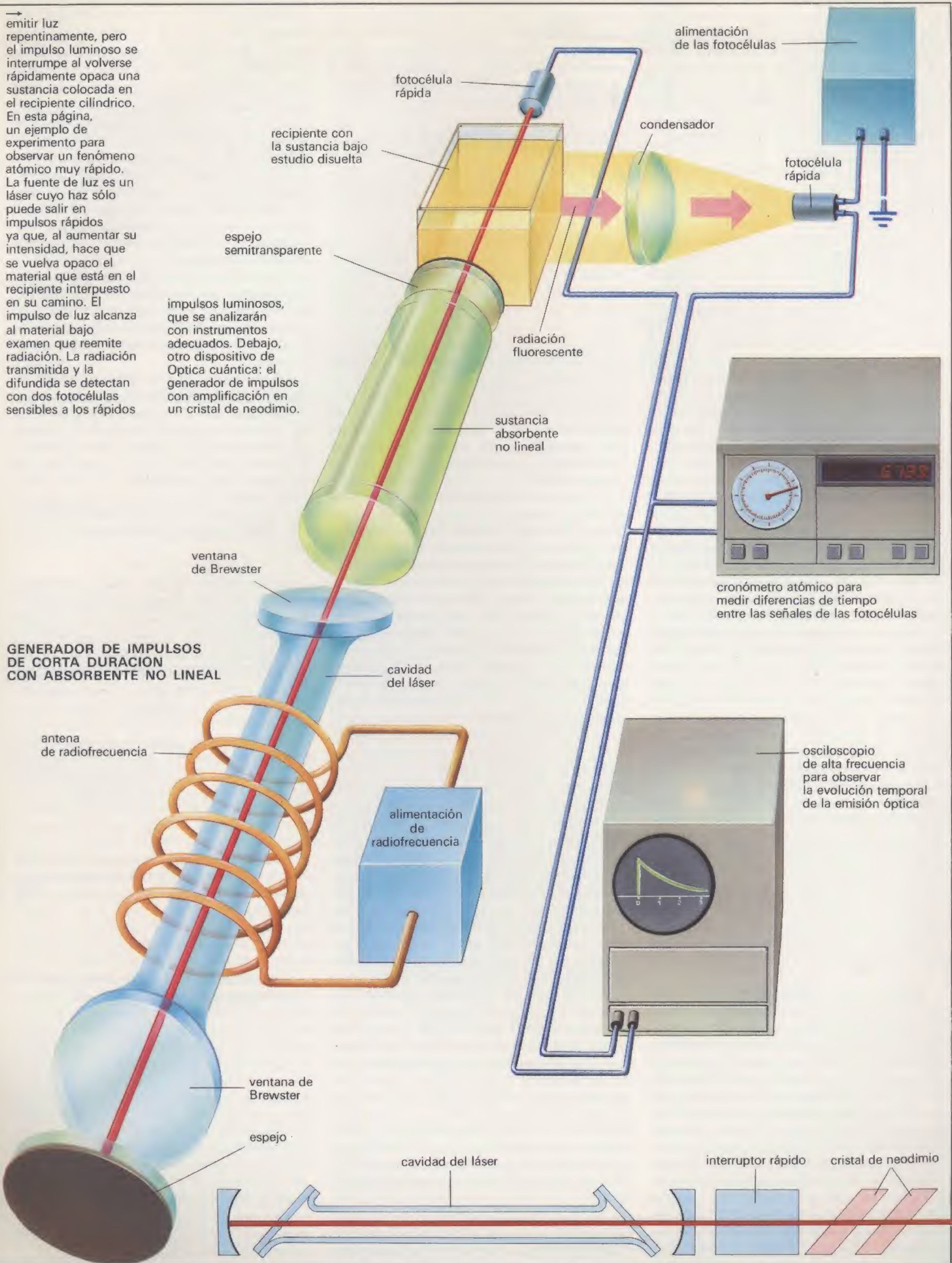
Véase Célula fotoeléctrica; Electromagnetismo; Espectro; Láser; Mecánica cuántica



emitir luz repentinamente, pero el impulso luminoso se interrumpe al volverse rápidamente opaca una sustancia colocada en el recipiente cilíndrico. En esta página, un ejemplo de experimento para observar un fenómeno atómico muy rápido. La fuente de luz es un láser cuyo haz sólo puede salir en impulsos rápidos ya que, al aumentar su intensidad, hace que se vuelva opaco el material que está en el recipiente interpuesto en su camino. El impulso de luz alcanza al material bajo examen que reemite radiación. La radiación transmitida y la difundida se detectan con dos fotocélulas sensibles a los rápidos

impulsos luminosos, que se analizarán con instrumentos adecuados. Debajo, otro dispositivo de Optica cuántica: el generador de impulsos con amplificación en un cristal de neodimio.

# GENERADOR DE IMPULSOS DE CORTA DURACION CON ABSORBENTE NO LINEAL





# Teoría de juegos

La *Teoría de juegos* es una disciplina matemática que estudia modelos sumamente idealizados, los llamados *juegos de estrategia* (o *juegos matemáticos*), de situaciones conflictivas en las que las partes han adoptado un enfoque estratégico, tales como ciertos juegos infantiles y de salón, enfrentamientos de empresas o guerras entre ejércitos.

Hacia 1921, el gran probabilista francés Borel (1871-1956) se plantea el estudio de juegos en los que la habilidad de los jugadores, y no sólo el azar, tiene influencia; da las primeras ideas sobre ellos y apunta un teorema fundamental —el ahora llamado del *minimax*— que no consigue probar. En 1928 el polifacético von Neumann (1903-1957), en una comunicación científica en Göttingen, da una demostración de dicho teorema utilizando recursos avanzados, como el teorema topológico del punto fijo de Brouwer. En las dos décadas siguientes se hacen nuevas aportaciones, más o menos técnicas (por ejemplo se demuestra por métodos más simples el teorema fundamental), se conecta la Teoría de juegos con otras y se apuntan posibles aplicaciones; a su vez se empieza a desarrollar independientemente la programación lineal y, durante la guerra mundial, nacen los métodos de Investigación Operativa, que suponen la aplicación de la matemática a la solución de los problemas militares y de gestión. A pesar de ello, durante unos cuantos años, no se oye hablar gran cosa de la Teoría de juegos hasta que en 1944 aparece un libro importante, *Theory of games and economic behavior* ("Teoría de juegos y comportamiento económico"), en el que el fundador de la teoría, el matemático John von Neumann, y un prestigioso economista, Oscar Morgenstern, dan un amplio tratamiento de la cuestión y la sesgan hacia uno de los campos de aplicación. Tal obra fue recibida con excesivo entusiasmo por muchos economistas; uno llegó a decir que "otros diez libros como éste y el progreso de la economía está asegurado".

La verdad es que la influencia posterior de la Teoría de juegos no ha sido tan grande como se pensaba —ni en Economía ni en otras disciplinas— y que muchas veces su interés ha sido más como instrumento de esclarecimiento teórico que como útil práctico.

**Algunas ideas básicas y un modelo sencillo** Como es natural, la Teoría de juegos maneja modelos matemáticos en los que la realidad ha sido sustituida por idealizaciones que, sin duda, son drásticas. Así, una *partida* de un *juego* es simplemente un conjunto de *jugadas*, en cada una de las cuales cada jugador puede hacer una *elección* de modo que, a cada combinación de las de los distintos jugadores, corresponde un *pago* que cada uno de ellos recibe. Los *juegos* más sencillos son los *finitos*, en los que en cada partida cada jugador sólo hace un número finito de jugadas, y en cada una de éstas se puede optar por un elemento de un conjunto finito

(por ejemplo: "cara o cruz" en el juego del mismo nombre).

Por otra parte los juegos pueden ser de *suma cero* (o *nula*) o no, según que la suma de los pagos a los distintos jugadores sea igual o distinta de cero; un *juego de suma cero* es tal que lo que ganan unos lo pierden otros (en el caso de que sólo haya dos jugadores, si el pago a uno es  $a$  al otro será  $-a$ ), traduciendo así una situación típica de muchos juegos de sociedad: lo que gana un jugador es lo que pierde el que debe pagarle. La realidad de las situaciones de competencia o conflicto real puede ser más compleja. Por ejemplo en la pugna entre empresas o en el enfrentamiento entre potencias puede no haber ganadores si la lucha se lleva demasiado lejos, o, por el contrario, pueden ganar todos si se llega a soluciones de colaboración. Se comprende, por otra parte, que los más sencillos sean los juegos *bipersonales*, que son los más estudiados también.

Por otra parte, hay juegos que son de *información perfecta* (el *ajedrez* por ejemplo); es decir: cada jugador conoce, en cada instante, perfectamente todas las opciones hechas con anterioridad por todos los jugadores. Otros no lo son (por ejemplo, en la mayoría de los juegos de naipes no se sabe qué cartas tienen los demás o en la guerra y los negocios se ignoran los movimientos de los contrarios).

Una categoría importante de *juegos finitos bipersonales de suma cero con información perfecta* son los llamados *juegos rectangulares* (el modelo más simple de la teoría) que sirven para representar bastante adecuadamente juegos reales muy sencillos. Estos quedan reducidos a una *matriz de pagos* de  $m \times n$  números reales ordenados en filas ( $i = 1, \dots, m$ ) y columnas ( $j = 1, \dots, n$ ), en la que el elemento situado en la fila  $i$  y columna  $j$ ,  $a_{ij}$ , representa el *pago* que recibe el jugador 1 del jugador 2 cuando el primero escoge la *estrategia*  $i$  y el segundo la *estrategia*  $j$ . Se denomina *estrategia*, más exactamente *estrategia pura*, en un juego rectangular, precisamente a la elección de una fila o columna, respectivamente, por cada uno de los jugadores. A veces a las estrategias, por conveniencia del lenguaje (sobre todo en las aplicaciones), se les llama *políticas*, *tácticas*, etc. Nótese que con el término *estrategia* no se designa, como en el habla ordinaria, una forma acertada de jugar sino sólo una determinada elección. Por último, el adjetivo de *pura* aplicado a una *estrategia* indica que se elige una sola fila o columna, no una combinación de varias, a la que se denomina una *estrategia mixta*. Por ejemplo: "elegir la fila 1" es una *estrategia pura*; "elegir el 50% de las veces la fila 1 y la 2 el otro 50%", o lo que es lo mismo, "1 ó 2 con probabilidad 1/2 cada una" es una *estrategia mixta*; la distinción entre ambas clases y la necesidad de las de esta última se verán claras más adelante.

Este modelo, a pesar de su sencillez, es el que ocupa buena parte de la teoría y el que dio origen a notables dificultades ma-

temáticas. Su interés radica en varias razones. Entre otras es de destacar, en primer lugar, una de tipo teórico-práctico fundamental: se ha demostrado que cualquier *juego finito bipersonal de suma cero*, en el que pueda haber jugadas de diferentes tipos, algunas en las que intervenga el azar, posiblemente con información imperfecta y, por supuesto, aunque las relaciones entre elecciones de las jugadas y pagos no se den en la forma de una matriz, juego del que se dice que está en *forma extensiva*, puede reducirse a uno rectangular equivalente, del que se dice que es de *forma normal*.

Otra razón, importante también, es que los juegos rectangulares, con su relativa simplicidad, sirven para introducir de modo fácil y pedagógico los conceptos fundamentales y los métodos básicos de la teoría.

En tercer lugar, y para los matemáticos no menos importante, es que los juegos rectangulares suponen un objeto de estudio suficientemente interesante. Por ejemplo, en su análisis fue en el que se presentó la necesidad de probar el teorema del *minimax* (luego aplicable en otros campos). Se ha probado, por otra parte, la equivalencia entre juegos rectangulares y una clase particular de programas lineales.

## La solución de un juego rectangular

En un *juego rectangular* el primer jugador sabe que si elige la fila  $i$  ganará como mínimo (si el segundo jugador es racional) el menor de los pagos de esa fila cuando varía el índice de columna  $j$ , es decir

$$\min_j a_{ij}$$

Por lo tanto su estrategia óptima (la que le garantiza el pago más alto) corresponde a la fila tal que tenga el más alto de tales mínimos; es decir, la que dé el:

$$\max_i \min_j a_{ij}$$

Análogamente el otro jugador —para el que los valores de la matriz suponen pagos a hacer— elegirá columna de modo que tenga

$$\min_j \max_i a_{ij}$$

Por ejemplo, si se trata de la matriz de pagos siguiente

$$\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \end{array} \begin{bmatrix} 5 & 2 & 7 \\ 4 & 3 & 5 \end{bmatrix} \end{array}$$

el primer jugador sabe que eligiendo la fila 1 se asegura como mínimo el pago 2 y eligiendo la 2 el pago 3; por tanto opta por la estrategia pura 2; por el contrario el segundo jugador sabe que, optando por las columnas 1, 2 ó 3 se asegura que debe pagar, como máximo, 5, 3 ó 7, respectivamente, por lo que elige obviamente, la estrategia 2. El pago será, por tanto, 3 y corresponde a la combinación (2, 2).



Cuando, como en el ejemplo anterior, se cumple que

$$\max_i \min_j a_{ij} = \min_j \max_i a_{ij}$$

ambos jugadores están obligados, si no quieren empeorar sus posiciones, a elegir las estrategias correspondientes a dicho valor, que es mínimo de su fila y máximo de su columna, representa el óptimo para ambos jugadores y se denomina el *valor del juego*. Los juegos rectangulares para los que se da tal coincidencia se dice que tienen un *punto de equilibrio* o, más gráficamente, un *punto de silla*; von Neumann y Morgenstern los llamaron, en su libro, *juegos estrictamente determinados*. ¿Qué sucede si el *minimax* y el *maximin* no coinciden y, por tanto, no hay *punto de silla*? ¿No existen entonces estrategias óptimas para los jugadores ni valor para el juego?

Piénsese, por ejemplo, en un juego poco diferente del anterior, el que tiene por matriz de pagos

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 5 & 2 & 7 \\ 3 & 4 & 5 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

en este caso se tiene que:

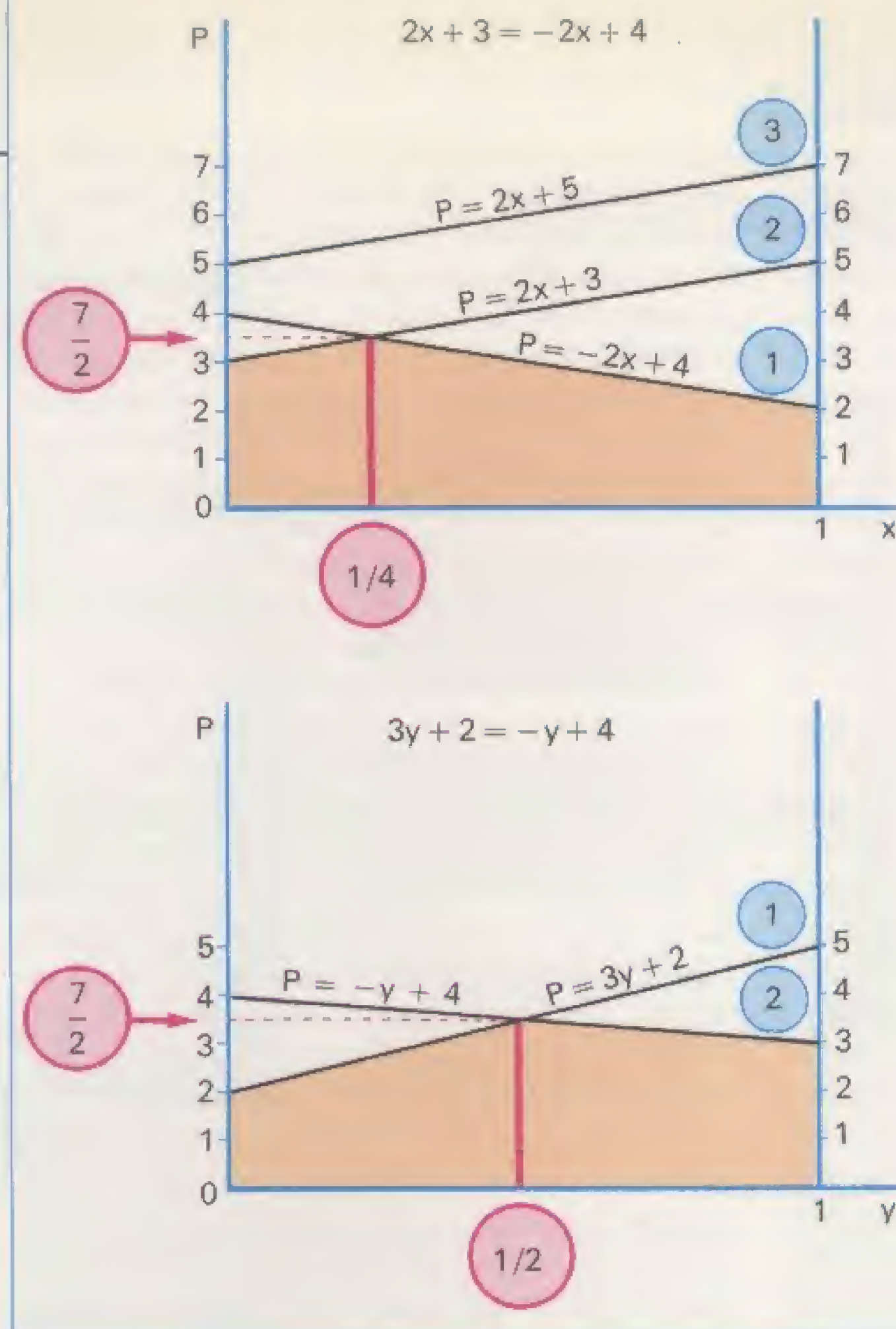
$$\begin{aligned} \max_i \min_j a_{ij} &= a_{21} = 3 \\ \min_j \max_i a_{ij} &= a_{22} = 4 \end{aligned}$$

Es evidente que si el primer jugador eligiese siempre la estrategia pura 1 el segundo jugador elegiría la 2, con lo que el pago sería 2; por el contrario, si el primero eligiese 2, el segundo elegiría 1, con lo que el pago sería 3. ¿Qué debe hacer cada jugador? En la hipótesis de que se juegue una partida con muchas jugadas y en cada una se pueda, sin que sea conocido por el contrario, hacer una elección distinta con cierta frecuencia o, lo que es lo mismo, se haga una sola jugada y se use un artificio de azar para hacer la elección, habrá que asignar valores de frecuencia relativa o probabilidad a cada estrategia pura para formar una mixta. El primer jugador adoptará las estrategias 1 y 2 en la proporción  $x$  y  $1-x$ ; el segundo las estrategias 1, 2 y 3 en la proporción  $y$ ,  $1-y$  y  $0$ , ya que la última nunca le conviene, porque es tal que sea cual fuere la elección de su contrincante le conduce a pagos mayores (técnicamente se dice que las estrategias 1 y 2 son *dominantes* sobre la 3). Por lo tanto la ganancia media o esperanza matemática de la ganancia del primer jugador (y de la pérdida del segundo) se obtendrá sumando los distintos pagos posibles multiplicados por las probabilidades (o proporciones) correspondientes, es decir,

$$P(x,y) = 5xy + 2x(1-y) + 3(1-x)y + 4(1-x)(1-y)$$

Un sencillo cálculo algebraico da:

$$\begin{aligned} P(x,y) &= 4xy - 2x - y + 4 = \\ &= 4(x - 1/4)(y - 1/2) + 7/2 \end{aligned}$$



En las figuras se representa un método de solución gráfica de juegos (válido sólo para casos de dimensiones  $2 \times 2$  o reducibles a ellos), aplicado al ejemplo del texto. Cuando el primer jugador juega la estrategia  $(x, 1-x)$  y el segundo elige las columnas 1, 2 ó 3, se ve cómo  $x = 1/4$  corresponde al máximo de los pagos mínimos. Análogamente, se tiene  $y = 1/2$  para el caso de que el segundo jugador juegue  $(y, 1-y, 0)$  y el primero elija las filas 1 ó 2.

La anterior expresión vale  $7/2$  si  $x = 1/4$  e  $y = 1/2$ ; si  $x \neq 1/4$  existen valores de  $y \neq 1/2$  que hacen que  $P(x, y) < 7/2$ , análogamente, si  $y \neq 1/2$  existen valores de  $x \neq 1/4$  que hacen  $P(x, y) > 7/2$ . Por lo tanto, el primer jugador debe mantener la *estrategia mixta*  $(1/4, 3/4)$  y el segundo la  $(1/2, 1/2, 0)$ , entendiendo que la componente  $k$ -ésima del vector es la probabilidad con que entra en la estrategia la fila o columna  $k$ -ésima. El valor del juego de este caso es, obviamente, el pago medio, o la esperanza media de pago,  $7/2$ .

Cuando la matriz de pagos, de dimensión  $m \times n$  y componentes  $a_{ij}$  y no tiene *punto de silla* el primer jugador optará por una estrategia mixta  $(x_1, x_2, \dots, x_m)$  y el segundo por una  $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ , donde  $x_i$  e  $y_j$  son las probabilidades con que ambos *juegan*, respectivamente, la fila  $i$  y la columna  $j$ . El jugador 1 trata de elegir las  $x_i$  de modo que con éstas consiga el

$$\max_x \min_y \sum_{ij} a_{ij} x_i y_j$$

A su vez el jugador 2 trata de elegir las  $y_j$  de modo que éstas correspondan al

$$\min_y \max_x \sum_{ij} a_{ij} x_i y_j$$

con la condición evidente de que

$$\sum x_i = \sum y_j = 1$$

El teorema del *minimax* de von Neumann asegura que siempre se cumple, con las  $x_i$  e  $y_j$  respetando la anterior condición, que el *minimax* es igual al *maximin*; a tal número se le llama el *valor del juego* y representa el máximo de la ganancia media a obtener por el primer jugador o el mínimo de la pérdida media

del segundo (en la hipótesis de conducta racional de sus respectivos contrarios). Los valores particulares de las  $x_i$  e  $y_j$  correspondientes son las llamadas *estrategias óptimas* (que pueden no ser únicas).

Existen varios métodos, todos trabajosos (e impracticables sin potentes medios informáticos en cuanto  $m$  y  $n$  no tienen valores muy bajos). Se puede también probar que existen dos programas lineales (*duales* entre sí) uno para cada jugador, equivalentes al problema del juego.

**Una nota final** La simplicísima teoría de juegos bipersonales de suma cero es lo suficientemente difícil desde el punto de vista matemático, y poco realista desde el práctico, como para desanimar a muchos. Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, tiene cierto interés. Por otra parte es la base para continuar el estudio de los juegos *n-personales* (importantes para formalizar numerosas situaciones reales en economía, política o estrategia militar) en las que se presenten problemas como el de las posibles *coaliciones*. Y también de los juegos de suma no nula de dos o más personas.

Por su parte el estudio de los juegos no finitos en los que los jugadores eligen, por ejemplo, en conjuntos continuos (*juegos continuos*) o deben optar por elegir ciertas variables de control en sistemas diferenciales (*juegos diferenciales*) permite representar problemas que aparecen en las más variadas técnicas. En algunos de estos casos la Teoría de juegos conecta con la Teoría de control o con otras disciplinas teóricas o prácticas del mayor interés.

Véase *Investigación operativa; Matrices; Modelo matemático; Optimización; Probabilidad; Programación matemática; Teoría de la decisión*



# Teoría de la decisión

**P**ara psicólogos, sociólogos y politólogos, así como para los responsables de todo tipo —investigadores científicos, empresarios, políticos y militares por ejemplo— y los simples ciudadanos de a pie, el término *decisión* está cargado de múltiples connotaciones sobre la voluntad, el poder, etc. Para los matemáticos del siglo XX es otra de tantas palabras del lenguaje usual relacionadas con el comportamiento humano que han entrado, con un significado *técnico* especial, en su propio léxico.

Así resulta que, en varios contextos matemáticos, es usual el término *decisión*. En el caso más genérico, cuando se habla de "matemáticas de la decisión" o de "modelos de decisión" o de "procesos de decisión", para referirse a esquemas, algoritmos o modelos que tratan de idealizar situaciones reales en las que se producen decisiones (por ejemplo empresariales o políticas). En general la mayoría de los modelos y métodos matemáticos que se agrupan, más o menos adecuadamente, bajo etiquetas tales como *investigación operativa* o *matemáticas para las ciencias del comportamiento* podrían considerarse como *matemáticas de los modelos de decisión*.

Conviene recordar que también se usa el término *decisión* en un contexto absolutamente diferente: el de los estudios *metamatemáticos*; se llama *problema de la decisión* al relativo a establecer si en un cierto sistema formalizado todo enunciado, formado según las reglas del mismo, es *decidible* (o sea, puede asegurarse que es o no verdadero).

**Procesos de decisión estadística** Sin embargo, el nombre de *Teoría de la decisión* (o, más propiamente, *de la decisión estadística*) se reserva para una disciplina especializada que se ocupa de los procesos de decisión estadísticos. ¿De qué se trata realmente? Aunque sea difícil, sin tener presentes los resultados de la Estadística clásica sobre estimación y contraste y sin utilizar el formalismo de las partes más avanzadas del Cálculo de probabilidades, dar una idea razonable de lo que es un proceso de decisión estadística en general, es posible presentar una idea esquemática suficientemente sencilla del mismo.

Imagínese un problema elemental de contraste de hipótesis; por ejemplo, se tiene una población con una distribución de probabilidad de forma conocida pero con una característica desconocida y el problema respecto a ella de adoptar una hipótesis estadística  $H$ , o su contraria  $H'$ , contrastadas por un cierto *test*. Puede concretarse más el ejemplo admitiendo que la población sea un lote de productos que deben tener una medida requerida, de valor  $\mu$ , pero que en la práctica, por falta de regularidad en la fabricación, es una variable aleatoria que se distribuye normalmente con media desconocida (se supone que aproximada a  $\mu$ ) y desviación típica unidad; el fabricante adoptará la deci-

sión de poner a la venta o no el lote, según acepte o no la hipótesis  $H$ : "la media de la distribución es  $\mu$ ". Para ello toma una muestra de tamaño  $n$ , calcula la media muestral  $\bar{x} = 1/n \sum x_i$ , fija un nivel de significación  $\alpha$  (es decir, señala la probabilidad,  $1 - \alpha$ , con la que considera razonable que puede tomar su decisión) y comprueba si el valor  $\sqrt{n}(\bar{x} - \mu)$  está comprendido o no en el intervalo  $(-\lambda_\alpha, \lambda_\alpha)$ , formado por los valores que corresponden a  $\alpha$  en la tabla de la distribución normal ( $\lambda_\alpha$  es: 1,96; 2,57 ó 3,29 cuando  $1 - \alpha$  es: 0,95; 0,99 ó 0,999). El caso que se acaba de presentar, a pesar de su carácter muy particular, permite poner de relieve las insuficiencias que, para muchos problemas reales, puede suponer el contraste de hipótesis clásico. En primer lugar, se elige un tamaño de muestra  $n$  (tanto mayor cuanto más significativo se quiera el test) desde un principio. ¿No sería más lógico, sobre todo si, como sucede en muchos casos, el ensayo es destructivo o, simplemente, resulta la experimentación costosa, aplicar el test para  $n=1$ ,  $n=2$ , etc. y, tras cada prueba, elegir entre aceptar  $H$ , no aceptarla o continuar el test? Ello, naturalmente, aprovechando la información que se va produciendo y estableciendo un criterio sobre el valor final de  $n$  (que, en tal caso no es un número fijo, sino que, se ha convertido también en una variable aleatoria). Esta es la idea, en realidad, de los llamados *tests secuenciales*.

Además, para un decisor real (empresario, político, médico, investigador, militar, etc.) la cosa quizá fuera aún insuficiente. Puede ser también conveniente ponderar las pérdidas o costes que se desprenden del hecho de aceptar una hipótesis cuando no es correcta. Naturalmente que, en este nuevo contexto, hay dos clases de decisiones: las *terminales* que se refieren a la hipótesis estadística en cuestión y las *intermedias*, de seguir o no el proceso de decisión en cada etapa.

En el ejemplo concreto anterior, evidentemente, podría atribuirse a la decisión de elegir el lote, siendo el valor medio de la característica de las piezas del mismo distinto de  $\mu$ , un coste positivo y uno nulo cuando la hipótesis fuese acertada. Análogamente puede ponderarse el hecho de rechazar el lote cuando sí es  $\mu$  el valor medio.

¿Cómo se transformaría, entonces, el modelo simple del contraste clásico? En cada etapa: a) sería necesario considerar las distribuciones de probabilidad de obtener los distintos resultados futuros condicionados a los ya conseguidos y supuesto que fueran realmente conocidas las distribuciones incógnitas en algunos de sus aspectos (en el ejemplo citado el parámetro  $\mu$ ); b) habría que considerar un conjunto de funciones de decisión, terminales e intermedias, que a la vista de los resultados de los experimentos atribuyen una decisión u otra (en general, la función de decisión puede ser *aleatorizada* y atribuir no unas u otras decisiones a cada combinación de resultados de las pruebas sino una distribución de probabilidad de

adoptarlas); c) cada combinación de prueba, decisión y resultados futuros, condicionados a ambas, se le atribuye un peso que representa su coste. Como consecuencia de todo ello puede obtenerse una función de *riesgo*: valor medio del coste ponderado por la función de decisión y la distribución de probabilidad. A dicho riesgo podría sumársele el coste medio de la experimentación para obtener, para cada etapa, una *función de riesgo total*, condicionado a un supuesto valor de la distribución inicial y a una función de decisión. El problema, entonces, es el de elegir la estrategia óptima; es decir, la función de distribución de las decisiones que hace el riesgo mínimo.

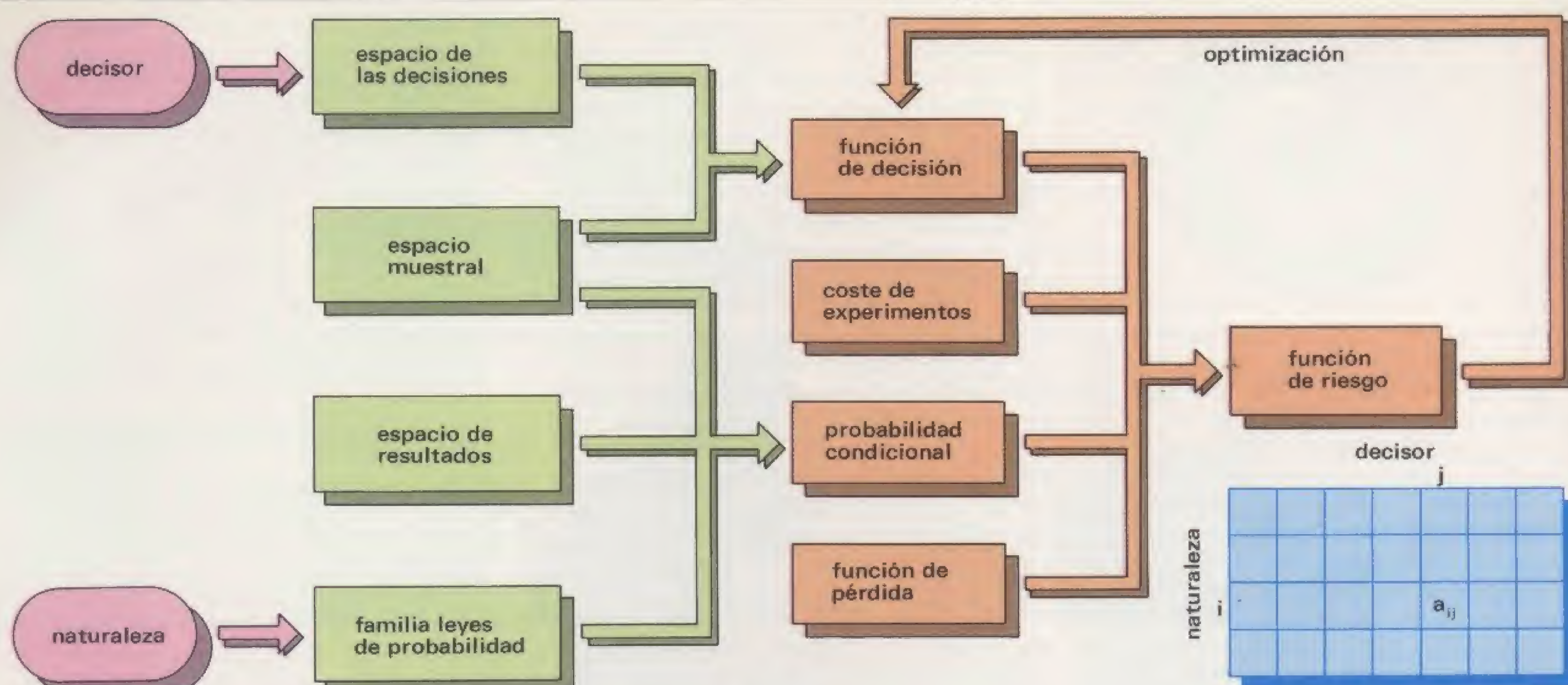
**Comentarios adicionales** Aunque la formalización matemática del modelo, en un supuesto general, resulte larga y trabajosa parece relativamente sencilla la idea básica: ponderar el coste de la experimentación; ponderar el coste de tomar las distintas decisiones (en vistas al perjuicio que supondría el no ser las acertadas); calcular un riesgo medio en función de las mismas, dependiendo de los conocimientos que se tengan sobre las propiedades probabilísticas del problema y condicionado a los resultados de los sucesivos experimentos; y, finalmente, elegir la estrategia que lo hace mínimo.

La Teoría de la decisión conecta, y ello es natural, con la Teoría de juegos (y, por tanto, con la programación lineal) y con los clásicos métodos *bayesianos* del Cálculo de probabilidades.

La conexión con la primera, puesta de manifiesto desde un principio por su creador, Wald, es la siguiente: se asimila el proceso de decisión a un *juego bipersonal de suma cero* en el que la Naturaleza y el decisor o experimentador son considerados como primero y segundo jugadores que *juegan*, respectivamente, a elegir una distribución real de probabilidad y una función de decisión. En tal caso el riesgo del proceso de decisión hace el papel del *pago* en el juego. En su forma más sencilla podría, entonces, reducirse el proceso de decisión a un *juego rectangular*, en el que una matriz de dimensiones  $m \times n$  tiene por componentes,  $a_{ij}$ , pago que hace el jugador 2 (decisor), cuando la Naturaleza ha elegido la fila  $i$  y él la columna  $j$ , siendo tales opciones representativas de las hipótesis sobre las probabilidades y las decisiones reales respectivamente. La equivalencia se puede desarrollar completamente (por ejemplo: una decisión terminal única supondría elegir una *estrategia pura*, es decir, una columna única, y una *aleatorizada* supondría una *estrategia mixta*, es decir, una combinación de varias con ciertas probabilidades).

La consideración de un proceso de decisión como juego permite la aplicación de los resultados de la correspondiente teoría, en concreto del teorema del *minimax* que asegura la existencia de las estrategias llamadas *minimax*, aquellas en las que cada jugador está seguro de obtener





el mínimo de los máximos posibles (cuando ambos juegan racionalmente); el teorema asegura que las estrategias mixtas que cumplen tal condición conducen a un *valor* del juego, o pago, que recibe uno y hace el otro, de tal modo que a ninguno le interesa cambiar porque podría ganar menos o pagar más respectivamente.

La conexión con los llamados métodos *bayesianos* se entiende inmediatamente haciendo una breve referencia a la idea inicial de los mismos. Estos se basan, en primer lugar, en un teorema riguroso e indiscutible (la llamada *regla de Bayes*) que, en su caso más elemental, es como sigue: sean los sucesos  $A_1, A_2, \dots, A_n$  mutuamente incompatibles o excluyentes y tales que forman un sistema exhaustivo (es decir: la unión de todos ellos coincide con el suceso seguro); sean  $p(A_i)$  las probabilidades de los  $A_i$ ; sea  $B$  un suceso del que se conocen sus probabilidades condicionadas a los  $A_i$ ,  $p(B/A_i)$ . En tal caso las probabilidades condicionadas de los  $A_i$  al  $B$ ,  $p(A_i/B)$ , se calcularán por la expresión

$$p(A_i/B) = \frac{p(A_i)p(B/A_i)}{p(B)}$$

siendo:

$$p(B) = \sum_{i=1}^n p(A_i)p(B/A_i)$$

Se acostumbra a llamar a las probabilidades  $p(A_i)$  "a priori" y a las  $p(A_i/B)$  "a posteriori" y a las  $p(B/A_i)$  "verosimilitudes" e interpretar la regla de Bayes como sigue: se admiten como conocidas "a priori" las probabilidades de los sucesos  $A_1, A_2, \dots, A_n$  y las de un suceso  $B$  condicionada a los mismos; si, como resultado de un experimento, se obtiene verdaderamente el suceso  $B$ , se acepta entonces que las probabilidades auténticas son las "a posteriori". Mientras que el teorema es indiscutible, la interpretación —que equivale a estimar que las probabilidades "a poste-

rioni" son las auténticas, tras dar unas "a priori" hipotéticas, hacer un único experimento y aplicar el teorema— está en la base de toda una serie de concepciones discutibles sobre el propio concepto de probabilidad, su medida empírica, la estimación estadística y, lo que viene al caso, la Teoría de la decisión.

En esta última se llama *regla de decisión bayesiana*, a aquella que da el riesgo medio mínimo para una probabilidad "a priori" dada.

Un resultado importante de la teoría es que la estrategia *minimax* (del decisor) es, precisamente, la *regla bayesiana* correspondiente a la probabilidad "a priori" dada por la estrategia *minimax* de la Naturaleza.

Surge en este punto la conveniencia de referirse a la discutibilidad (en cuanto a los supuestos básicos y la aplicabilidad, no en lo que se refiere a la validez matemática) de la propia teoría. Muchos autores ponen en tela de juicio los métodos bayesianos o discuten la consideración como un juego del proceso de decisión, al no compartir la hipótesis de que pueda suponerse una conducta *malévola* o *perversa* a la Naturaleza, o la de asignar costes a los resultados.

En ésta, como en otras muchas ocasiones, los motivos de polémica no residen en la teoría, sino en sus interpretaciones y sus posibles aplicaciones. Conviene al caso señalar la necesidad en problemas de optimización, en los que el hipotético oponente es la Naturaleza, y, además, hay ciertos niveles de ignorancia, de adoptar algún criterio sobre la *conducta* de ésta. Los más corrientes son los siguientes (todos discutibles y más o menos razonables según los casos):

**Criterio de Laplace** (o "de la media"): si se ignora todo sobre las probabilidades con que la Naturaleza presentará sus posibles estados, éstos se suponen equiprobables. El pago que, por término medio, recibirá ante cada estrategia el decisor será la media aritmética de los correspon-

En el diagrama sobre estas líneas se esquematiza la idea básica de lo que es un proceso de decisión y su reducción a un "juego": la Naturaleza "elige" una ley de

probabilidad real: el decisor, una hipótesis sobre la misma. El riesgo de éste se asimila, entonces, al pago del mismo a la Naturaleza en el juego.

dientes a las respuestas posibles de la Naturaleza.

**Criterio de Wald** (o del "*minimax*"): si se ignora todo sobre la Naturaleza deberá considerársela como un jugador inteligente en un juego bipersonal de suma cero. Entonces hay que admitir que jugará su estrategia óptima y el decisor deberá hacer lo propio: elegir la estrategia *minimax* que le garantiza el mínimo de los pagos máximos ante cada jugada de la Naturaleza (por término medio).

**Criterio de Hurwicz** (o "del coeficiente de optimismo"): para paliar el "pesimismo" de Wald se transforma el juego frente a la Naturaleza del siguiente modo: cada lista con los posibles pagos por una acción del decisor se reduce a un solo pago, suma del más favorable multiplicado por  $\alpha$ , *factor de optimismo*, y del menos favorable por  $1 - \alpha$  (siendo naturalmente  $0 \leq \alpha \leq 1$ ).

**Criterio de Savage** (o del "*pesar mínimo*"): en vez de considerar, como Wald, que se debe jugar un juego contra la Naturaleza, en el que a cada combinación de acciones de la misma y del decisor corresponde un pago que ambos jugadores quieren optimizar, Savage propone jugar otro, formado a partir de él, en el que a cada combinación de acciones corresponde un *pesar* (diferencia entre el pago correspondiente y el máximo entre los posibles al variar la opción de la Naturaleza).

Véase Contraste de hipótesis; Estadística; Estimación estadística; Investigación operativa; Muestreo estadístico; Optimización; Probabilidad; Programación matemática; Teoría de juegos



# Teoría de números

La *Aritmética* es la disciplina matemática que, como su etimología indica (*arithmos* significa "número" en griego) se ocupa del estudio de las propiedades de los números. En realidad, desde su nacimiento, su objeto primordial es el *número natural*. Ello es lógico si se piensa que éste es el concepto matemático fundamental, que los números enteros y racionales se reducen fácilmente a aquéllos y, por último, que el número real, por múltiples razones, es objeto más bien del Análisis que de la Aritmética.

La Aritmética elemental (la que los griegos llamaban *logística*) se ocupa de los sistemas de numeración y de los algoritmos de cálculo. Por el contrario, la llamada *Aritmética superior* o, más frecuentemente, *Teoría de números*, se dedica a problemas de aspecto inocente, a veces con apariencia de juegos infantiles, en torno a cuestiones de divisibilidad, descomposiciones de los números o ecuaciones con soluciones enteras, pero cuya dificultad es enorme y que, por otra parte, resultan insospechadamente conectados con las ramas más abstractas y sofisticadas de la Matemática. La belleza, la profundidad y el interés de esos problemas han atraído, durante siglos, junto a grandes matemáticos a multitud de aficionados. Gauss (1777-1855), quien ha sido llamado "príncipe de los matemáticos" y cuya excelsa labor en Teoría de números sólo admite comparación con sus realizaciones en Geometría, Análisis o Física matemática, llegó a decir que "la Matemática es la reina de las ciencias y la Teoría de los números es la reina de la Matemática".

**Los problemas de la Teoría de Números** Pero ¿de qué se ocupa la Teoría de números?

En primer lugar de las cuestiones que giran en torno a la divisibilidad y temas conexos. Como se sabe, se dice que  $a$  es *múltiplo de  $b$*  o que *éste divide a aquél*, siendo ambos naturales, o, en general, enteros, si existe  $c$  natural, o entero, tal que  $a = bc$  (en otros términos: si la división entre  $a$  y  $b$  es exacta; o también si el resto de dividir  $a$  por  $b$  es cero). La divisibilidad constituye una relación de *orden parcial* en  $\mathbb{N}$  y en  $\mathbb{Z}$ . Al número  $a$  de la anterior definición se le llama *múltiplo de  $b$*  y  $a$  éste *divisor de aquél*.

A un número mayor que la unidad y, que, como 2, 3, 5, 7, 11, etc., no tiene más divisores que 1 y él mismo se le llama *primo*. Cuando se consideran pares (o conjuntos de más de dos números) éstos tendrán divisores y múltiplos comunes —por ejemplo, siempre será la unidad divisor común y el producto múltiplo común— y cabe determinar su *m.c.d.* y su *m.c.m.*, (*máximo común divisor* y *mínimo común múltiplo*). Cuando el *m.c.d.* es, precisamente, 1 (en otros términos: si dos o más números no tienen divisores comunes, salvo el 1) se dice que son *primos entre sí*. Por ejemplo, 9 y 10 no son *primos* pero son *primos entre sí*. Ya Euclides (ca. 300 d. de C.) estableció un método —el llamado *algorit-*

*mo de Euclides*— para calcular el *m.c.d.* de dos números.

Desde antiguo, un problema de interés ha sido distinguir los números *primos* de los que no lo son, o *compuestos*, y se conoce un procedimiento, la *criba de Eratóstenes* (276-294 a. de C.), para obtener primos. También desde Euclides se conoce un teorema (el llamado *fundamental de la Aritmética*) que dice que "todo número natural puede descomponerse en un producto de números primos y ello de forma única". El algoritmo de Euclides da también un método constructivo para obtener dicho producto y, en consecuencia, proporciona un método para demostrar el teorema, que, en contra de su apariencia, no es ni trivial ni inmediato. Dicho teorema da solución al problema central de la que, a veces se llama, teoría multiplicativa de números.

Euclides también probó que el número de primos era infinito. Durante dos mil años la cuestión quedó en eso. Sólo cuando Fermat (1601-1665), Euler (1707-1783), el propio Gauss y otros matemáticos de los siglos XVII al XIX se volvieron a ocupar de los números primos se hicieron nuevos descubrimientos. Así hacia 1800 Legendre y Gauss llegaron a la conclusión, empíricamente, de que el número de primos crecía con  $n$  como el cociente  $n/\log n$ ; más precisamente: si se llama  $A_n$  a la cantidad de números primos menores o iguales que  $n$  resulta que la *densidad* de los mismos,  $A_n/n$ , es aproximadamente igual a  $1/\log n$  (siendo  $\log n$  el logaritmo neperiano de  $n$ ), tendiendo asintóticamente a la unidad el cociente entre  $A_n/n$  y  $1/\log n$ . Se tardó medio siglo hasta que Tchebichev (1821-1894), en 1850, obtuvo un avance en la demostración de este resultado, llamado teorema de los números primos, que fue, por fin, demostrado en 1896, simultáneamente, por Hadamard y de la Vallée Pousin por métodos muy sofisticados que utilizaban los recursos del Análisis de variable compleja y que habían sido iniciadas en 1859 por Riemann (1826-1866).

En lo que no ha habido grandes éxitos desde que Fermat *resucitara* la Teoría ha sido en encontrar expresiones para los números primos. A veces, el problema de comprobar si las posibles fórmulas que se conjeturaba que proporcionaban números primos (en ningún caso *todos*, por supuesto) lo hacían verdaderamente, se convertían, a su vez, en un nuevo problema. Eso es lo que ha sucedido con los llamados *números de Fermat*, de los que éste conjeturó (no afirmó) su carácter de primos. Su forma es:

$$F_n = 2^{2^n} + 1$$

y valen: 5; 17; 257; 65.537, etc. Ya Euler en 1732 probó que  $F_5$  no era primo sino que  $F_5 = 4.294.967.297 = 641 \times 6.700.417$ .

A partir de entonces la cuestión a probar ha sido justamente la de que sólo son primos  $F_1, F_2, F_3$  y  $F_4$ . A pesar de los potentes métodos puestos en juego (y, en las últimas décadas, de la experimentación

con ordenadores) la cuestión sigue abierta, aunque sí está probado que no son primos los  $F_n$  correspondientes a numerosos valores de  $n$  mayores que 5.

Muchas cuestiones de la teoría de la divisibilidad adquieren un nuevo aspecto con la de *congruencias*. Gauss inventó este concepto, simple pero fecundo e importante, en su monumental obra *Disquisitiones arithmeticae*, publicada en 1801, cuando tenía 24 años. Se dice que  $a$  y  $b$  son congruentes módulo  $m$ , y se escribe

$$a \equiv b \pmod{m}$$

si los restos de dividir  $a$  y  $b$  por  $m$  son iguales o, en otros términos, si  $a-b$  es múltiplo de  $m$ . Mientras que la divisibilidad es una relación de *orden parcial* la congruencia, módulo  $m$ , es una *equivalencia*.

Otra de las grandes áreas de interés reside en la búsqueda de soluciones enteras de ecuaciones algebraicas con coeficientes enteros. Debido a que Diofanto (ca. 250 d. de C.) se ocupó de ellas se las denomina ecuaciones *diofánticas* y análisis *diofántico* a la parte de la teoría que las estudia.

La ecuación

$$2x^2 - y + 1 = 0$$

tiene infinidad de soluciones, a cada valor de  $x$  le corresponde uno de  $y$  dado por

$$y = 2x^2 + 1$$

Además, cuando  $x$  es entero también lo es  $y$ . Por el contrario la ecuación

$$x^2 + 2yx - 1 = 0$$

tiene infinidad de soluciones reales tales que

$$x = -y \pm \sqrt{y^2 + 1} \quad y = \frac{1}{2x} \cdot \frac{x}{2}$$

que sólo si  $\sqrt{y^2 + 1}$  es entero tendrá soluciones enteras; un razonamiento inmediato conduce a que las dos únicas soluciones diofánticas son (1,0) y (-1,0).

De Diofanto a Fermat se progresó poco en el estudio de estas ecuaciones. A Fermat se debe un teorema —llamado el "último teorema de Fermat"— del que afirmó haber encontrado una "admirable prueba" que, sin embargo, no pudo transcribir en el margen del libro (la *Arithmetica* de Diofanto, editada por Bachet) que estudiaba, que asegura que la ecuación

$$x^n + y^n = z^n$$

no tiene soluciones enteras para  $(x, y, z)$ , cuando  $n > 2$ . En el caso  $n = 2$  las soluciones son los llamados números *pitagóricos*, porque corresponden a los catetos e hipotenusa de un triángulo rectángulo, y se conocen numerosas soluciones desde los egipcios; por ejemplo el clásico (3,4,5).

Curiosamente, los matemáticos llevan más de 300 años buscando la "admirable demostración" que no cupo en el margen de un libro. Han gastado toneladas de papel, no lo han probado pero, ¡paradojas del pensamiento!, han producido notables desarrollos, seguramente de mayor utilidad e interés que el propio teorema.



El mayor avance en análisis diofántico se dio en 1909 cuando el matemático noruego Axel Thue probó que —con algunas restricciones que no son del caso— las ecuaciones diofánticas en dos variables y de grado igual o superior a tres sólo podían tener un número finito de soluciones.

**Los métodos de la Teoría de números** Los problemas que se han citado —una sencilla muestra que cabe ampliar con multitud de cuestiones, que van desde acertijos, más o menos serios, cuadrados mágicos y otras curiosidades hasta problemas teóricos y prácticos de variado interés y dificultad— fueron abordados por griegos, chinos, indios y europeos durante más de dos milenios con múltiples procedimientos. Hasta tiempos recientes sólo existía la llamada *Teoría elemental de números*; ésta sólo utiliza las definiciones directas y las propiedades básicas, deducidas de las mismas, sin recurrir a ideas y métodos propios de otras disciplinas matemáticas. Muchos millares de aficionados —el propio Fermat sería el más excelso— han resuelto cantidad de pequeños, y a veces grandes, problemas con esos métodos.

Euler inició en el siglo XVIII el procedimiento de relacionar propiedades de los números naturales con las de ciertas funciones y series. Tchebichev, Dirichlet y Riemann, profundizaron en el XIX en la misma dirección, que fue desarrollada en el nuestro por Hardy, Littlewood, Ramanujan, Vinogradov y otros de forma profunda e insospechada. Dichos métodos, que utilizan los recursos del Análisis matemático (funciones de variable compleja y series de Fourier fundamentalmente) constituyen la llamada *teoría analítica de números*. En la misma ocupa un lugar destacado el estudio de la llamada "función zeta de Riemann" de la variable compleja  $s$  que, cuando  $s$  tiene su parte real mayor que 1, viene dada por la serie:

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} 1/n^s$$

y cuya vinculación con la teoría de números primos se comprende al examinar el producto infinito (conocido como *fórmula o identidad de Euler*):

$$\zeta(s) = \prod_p (1 - 1/p^s)^{-1}$$

donde  $p$  toma todos los valores primos, que es válido cuando la variable compleja  $s$  tiene parte real mayor que 1.

La tercera cantera de métodos la proporciona la llamada *Teoría algebraica de números*. Esta utiliza conceptos propios del Álgebra (anillos, ideales, etc.) que, sin embargo, han nacido, en muchos casos, en el propio campo de la teoría de números; tal es el caso de los *ideales*, creados por Kummer al estudiar el *último teorema* de Fermat. La idea básica de la teoría algebraica reside en el concepto de *número algebraico*. Un *número algebraico* es el

Con algún anacronismo (los numerales indoárabes), incorrección obligada (los primos son infinitos) y mucho humor (la "criba" era ideal, no física), el artista ha representado a Eratóstenes obteniendo los números primos. El método es simple: se escriben los números naturales mayores que la unidad; se eliminan los múltiplos de dos, tachando un número sí y otro no; los de tres, tachando uno sí y dos no; etc., etc., así: 2, 3, ~~4~~, 5, ~~6~~, 7, ~~8~~, ~~9~~, 10, 11, ~~12~~, 13, ~~14~~, ~~15~~, 16, 17, ~~18~~, 19, ~~20~~, ~~21~~, 22, 23...; los que quedan sin tachar son primos.

que es solución de una ecuación algebraica

$$a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_n = 0$$

siendo los  $n+1$  coeficientes  $a_0, a_1, \dots, a_n$  enteros, con  $a_0$  distinto de cero y no teniendo ningún divisor común todos ellos (salvo la unidad). Como se sabe, el análisis divide a los *reales* en *algebraicos* (como  $4/3$  ó  $\sqrt{2}$ ) y *trascendentes*, los que (como  $\pi$  ó  $e$ ) no son solución de ecuaciones algebraicas de coeficientes enteros y, consecuentemente, distingue entre *algebraicos racionales* y *algebraicos irracionales*. A efectos de la Teoría de números suele llamarse *enteros racionales* a los elementos de  $\mathbb{Z}$  (es decir,  $0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ) y *enteros algebraicos*, a las soluciones de ecuaciones como la citada para el caso de que  $a_0 = 1$ . Lógicamente: un *entero racional* es

un *entero algebraico*, por ser solución de una ecuación de primer grado.

Aún existe una cuarta variante de la teoría de números: la llamada *Teoría geométrica de números*. Es menos conocida, ha sido desarrollada, entre otros matemáticos de nuestro siglo, por Minkowski y Voronoi. Se ocupa, fundamentalmente, de *reticulados* de coordenadas enteras (es decir, conjuntos de puntos que, en un sistema de coordenadas, rectangulares u oblicuas, ocupan posiciones cuyas coordenadas son números enteros), que tienen interesantes aplicaciones prácticas —por ejemplo: en cristalografía— y múltiples conexiones con diferentes aspectos de la Teoría de números y otras disciplinas matemáticas.

Véase **Aritmética; Números; Sistemas de numeración**





# Teoría de semejanza física

El concepto de semejanza aparece de forma intuitiva al contemplar una ampliación de una foto y el original de donde se obtuvo. Esto es lo que se suele denominar "semejanza geométrica". Adquiere más rigor la semejanza geométrica cuando se estudian las condiciones que deben cumplir dos figuras planas (en geometría euclídea), al decir que los ángulos homólogos deben ser iguales. Esto conduce lógicamente a la conclusión de que las figuras semejantes tienen igual forma, pero tamaños diferentes.

Sin embargo, el concepto de semejanza geométrica puede extenderse a fenómenos físicos en donde intervengan además de la longitud otras magnitudes más complejas. Esto conduce a establecer unas "leyes de semejanza" que permiten estudiar un determinado problema de la física, que tiene magnitudes de difícil materialización práctica, ya sea por su carácter o por su tamaño, mediante un "modelo" más sencillo o asequible cuyas magnitudes son más fáciles de medir o controlar.

Supongamos que deseamos estudiar el comportamiento de un puente sobre un río. Las flexiones ocasionadas por diferentes cargas sobre el puente pueden determinarse experimentalmente sin construir el puente real, mediante una maqueta a escala que cumpla ciertos requisitos referentes a las características elásticas del material del puente y de la maqueta; a las cargas reales y sobre la maqueta; y, por supuesto, a la geometría de ambos.

El concepto de semejanza cuando interviene el tiempo es algo más complejo. Cuando se desea estudiar el movimiento de una partícula sobre una trayectoria de grandes dimensiones mediante un modelo, no sólo las trayectorias deben ser semejantes, sino que también debe haber una relación entre las velocidades y las aceleraciones de la partícula en la realidad y en el modelo.

Supongamos una magnitud física cualquiera (espacio, velocidad, tiempo, fuerza, etc.), cuya medida la representaremos por  $m$ . El problema físico en general estará caracterizado por una distribución espacial de la magnitud  $m$ . Se puede establecer un modelo del problema real cuando es posible encontrar una distribución de  $m$  en el modelo que, en todos los puntos homólogos geoméricamente, sea proporcional al valor  $m$  de la realidad. Si el factor de escala geométrico se denomina  $\lambda$ ; las áreas estarán relacionadas por  $\lambda^2$ , y los volúmenes por  $\lambda^3$ .

En el caso del movimiento de dos puntos o partículas que deseamos que tengan semejanza física, los espacios y tiempos deberán estar relacionados por:

$$l_1 = \lambda l_2 \quad t_1 = \tau t_2$$

siendo  $l_1$  y  $t_1$  las correspondientes al problema real y  $l_2$  y  $t_2$  las del modelo; y  $\lambda$  y  $\tau$  los números sin dimensiones de cambio de escala.

La otra magnitud que se necesita para describir el problema dinámico completo es la masa. De manera similar a las otras magnitudes se establece que:  $m_1 = \mu m_2$

Ahora, utilizando las definiciones de cada magnitud, pueden encontrarse las relaciones entre, velocidades, aceleraciones, fuerzas, etcétera.

La velocidad será:

$$v_1 = \frac{l_1}{t_1} \quad y \quad v_2 = \frac{l_2}{t_2}$$

y, como  $l_1 = \lambda l_2$  y  $t_1 = \tau t_2$ , resultará

$$v_1 = \frac{\lambda l_2}{\tau t_2} = \frac{\lambda}{\tau} v_2 \quad \text{o sea} \quad v_1 = v v_2$$

siendo

$$v = \frac{\lambda}{\tau}$$

Análogamente, la aceleración puede ponerse como:

$$a_1 = \frac{v_1}{t_1} \quad y \quad a_2 = \frac{v_2}{t_2}$$

y como  $v_1 = v v_2$  y  $t_1 = \tau t_2$ , resultará

$$a_1 = \frac{v v_2}{\tau t_2} = \frac{v}{\tau} a_2$$

o sea,

$$a_1 = \alpha a_2$$

En la construcción de maquetas (de barcos, de aviones, de edificios, de máquinas, etc.) se aplican rigurosamente las leyes de semejanza geométrica (si se conservan las proporciones en cuanto a longitudes, superficies, volúmenes, formas) y las de semejanza física (si dichas maquetas modelizan adecuadamente también los materiales, resistencia, elasticidad, etcétera). Sólo en este segundo caso la maqueta puede servir de objeto para la experimentación.

siendo

$$\alpha = \frac{v}{\tau}$$

La fuerza se obtendrá a partir de la expresión:

$$f_1 = m_1 a_1 \quad y \quad f_2 = m_2 a_2$$

y como  $m_1 = \mu m_2$  y  $a_1 = \alpha a_2$

resultará  $f_1 = \mu m_2 \alpha a_2 = \mu \alpha m_2 a_2$

$$f_1 = \varphi f_2$$

siendo

$$\varphi = \mu \alpha$$

Sin embargo, en muchos casos interesa conocer alguna relación que nos diga de una forma sencilla si los movimientos de dos partículas pueden considerarse dinámicamente semejantes. Con todo lo visto hasta ahora es posible definir un número característico que vale lo mismo en el problema real que en el modelo y que es un producto de determinadas magnitudes elevadas a unos exponentes numéricos. Se denomina a éste número de Reech o Froude y viene dado por

$$F = \frac{m v^2}{l f}$$

El numerador es proporcional a la energía cinética de la partícula con dimensiones iguales al denominador, que es trabajo realizado sobre la partícula. Puede comprobarse que dicho número tiene el mismo valor en 1 que en 2 teniendo en cuenta las relaciones obtenidas antes; y así:

$$F_1 = \frac{m_1 v_1^2}{l_1 f_1} = \frac{\mu m_2 \times v^2 v_2^2}{\lambda l_2 \times \varphi f_2} = \frac{\mu v^2}{\lambda \varphi} \times \frac{m_2 v_2^2}{l_2 f_2} =$$

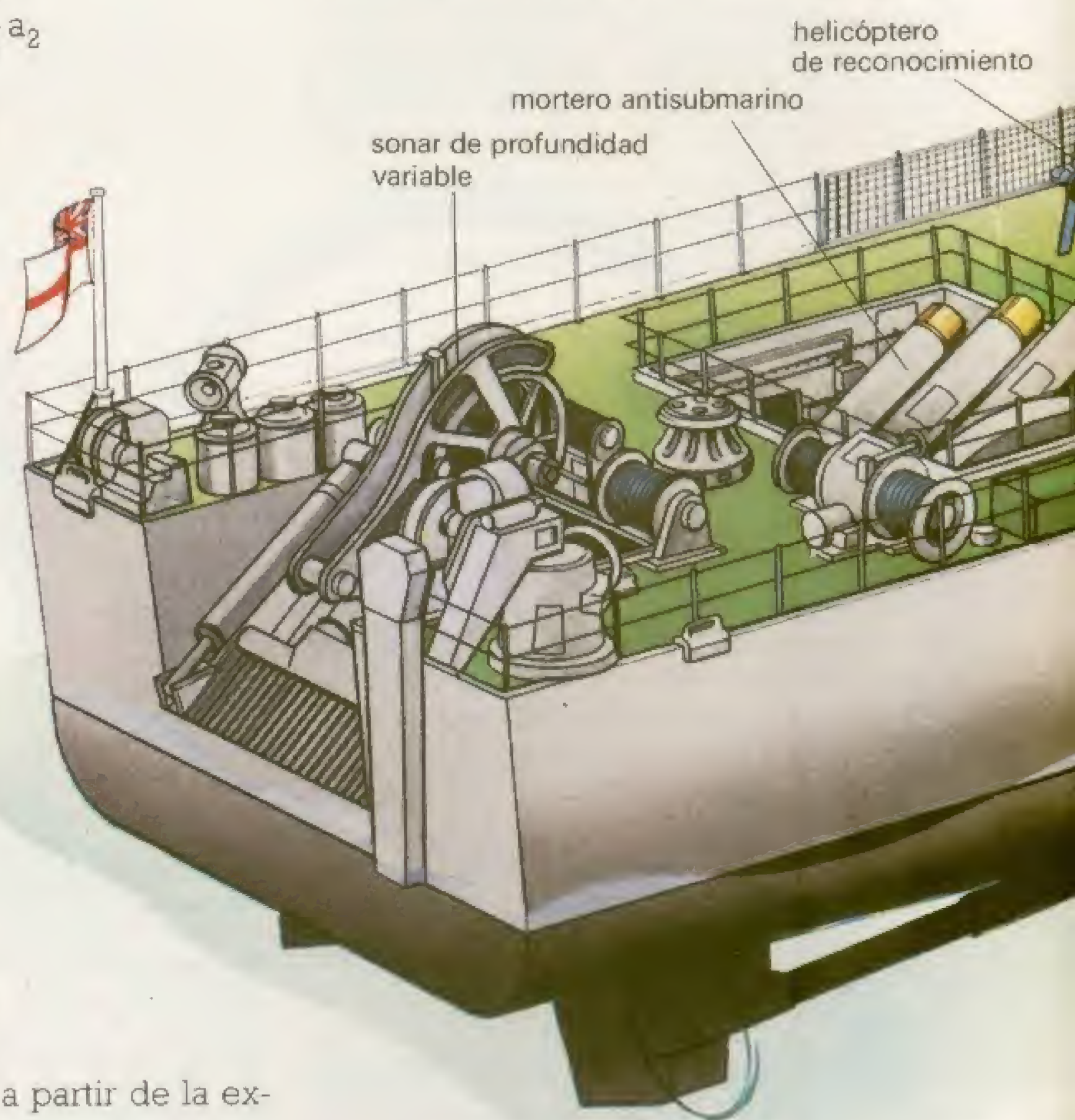
pero como

$$\frac{\mu v^2}{\lambda \varphi} = \frac{\mu v^2}{\lambda \mu \alpha} = \frac{v^2}{\lambda \frac{v}{\tau}} = \frac{v \tau}{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda} = 1$$

luego,

$$F_1 = F_2$$

Cuando se estudia un movimiento de fluidos (aire, agua, etc.) aparecen dos magnitudes características, que son la densidad del fluido ( $\rho$ ) y la viscosidad ( $\eta$ ).



También pueden establecerse relaciones entre las densidades y viscosidades del fluido real y del fluido utilizado para el modelo. Para ello es necesario utilizar la definición de las magnitudes correspondientes.

La densidad será:

$$\rho_1 = \frac{m_1}{l_1^3} \quad y \quad \rho_2 = \frac{m_2}{l_2^3}$$

y como  $l_1 = \lambda l_2$  y  $m_1 = \mu m_2$

resultará  $\rho_1 = \frac{\mu m_2}{\lambda^3 l_2^3} = \frac{\mu}{\lambda^3} \rho_2$

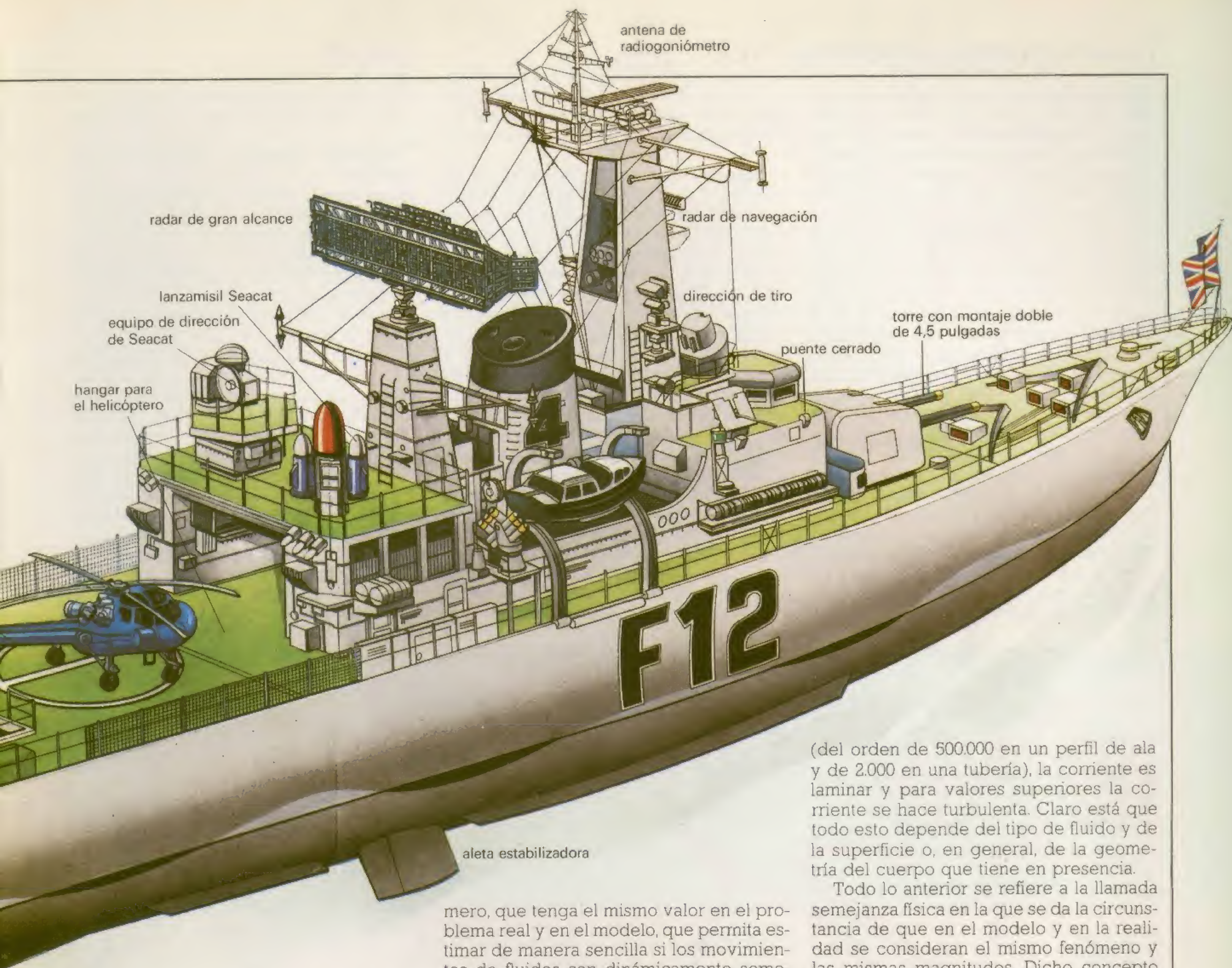
o sea

$$\rho_2 = \kappa \rho_1$$

siendo

$$\kappa = \frac{\mu}{\lambda^3}$$





La viscosidad de un fluido se define a partir de la fuerza por unidad de superficie a aplicar sobre el mismo para producir un deslizamiento caracterizado por una velocidad por unidad de longitud perpendicular a la fuerza aplicada, y así:

$$\eta = \frac{f/s}{v/l}$$

y teniendo en cuenta que  $S = l^2$ , se podrá poner como:

$$\eta = \frac{f}{l v}$$

y así  $\eta_1 = \frac{f_1}{l_1 v_1}$  y  $\eta_2 = \frac{f_2}{l_2 v_2}$

y como

$$f_1 = \phi f_2, l_1 = \lambda l_2 \quad \text{y} \quad v_1 = v v_2$$

$$\eta_1 = \frac{\phi f_2}{\lambda l_2 v v_2} = \frac{\phi}{\lambda v} \times \frac{f_2}{l_2 v_2}$$

o sea

$$\eta_1 = \xi \eta_2$$

siendo

$$\xi = \frac{\phi}{\lambda v}$$

Análogamente a como se encontró el número de Froude, puede buscarse un nú-

mero, que tenga el mismo valor en el problema real y en el modelo, que permita estimar de manera sencilla si los movimientos de fluidos son dinámicamente semejantes. El número característico es en este caso el denominado número de Reynolds y que viene dado por:

$$Re = \frac{v l \rho}{\eta}$$

que puede demostrarse que tiene el mismo valor en 1 y en 2, teniendo en cuenta las relaciones anteriores; y así,

$$(Re)_1 = \frac{v_1 l_1 \rho_1}{\eta_1} = \frac{v v_2 \times \lambda l_2 \times \kappa \rho_2}{\xi \eta_2} = \frac{v \lambda \kappa}{\xi} \frac{v_2 l_2 \rho_2}{\eta_2}$$

pero como

$$\frac{v \lambda \kappa}{\xi} = \frac{v \lambda \frac{\mu}{\lambda^3}}{\frac{\phi}{\lambda v}} = \frac{v^2 \mu}{\lambda \phi} = \frac{\frac{\lambda^2}{\tau^2} \mu}{\lambda \mu \alpha} = \frac{\lambda}{\tau^2 \alpha} = \frac{\lambda}{\tau^2 \frac{\lambda}{\tau^2}} = 1$$

luego,

$$(Re)_1 = (Re)_2$$

Dos movimientos de fluidos son semejantes si los números de Reynolds son iguales. Este número es muy característico para indicar el grado de turbulencia de una corriente, y así, cuando es pequeño

(del orden de 500.000 en un perfil de ala y de 2.000 en una tubería), la corriente es laminar y para valores superiores la corriente se hace turbulenta. Claro está que todo esto depende del tipo de fluido y de la superficie o, en general, de la geometría del cuerpo que tiene en presencia.

Todo lo anterior se refiere a la llamada semejanza física en la que se da la circunstancia de que en el modelo y en la realidad se consideran el mismo fenómeno y las mismas magnitudes. Dicho concepto puede ampliarse al caso de que sean diferentes. Se trata de la denominada *analogía física* (o, a veces, *matemática*). Veamos como es posible esto. Un fenómeno determinado de la naturaleza está regido por una o varias ecuaciones que relacionan las magnitudes características de ese fenómeno. Pues bien, si hay otro fenómeno diferente del anterior con otras magnitudes, tal que las ecuaciones que explican el comportamiento del mismo son las mismas que en el caso anterior, puede entonces establecerse una relación entre magnitudes de diferente naturaleza y hacer una tabla de equivalencias. Esto es útil porque, cuando se esté ante un fenómeno con unas magnitudes de difícil medida, y se dispone de otro fenómeno semejante con magnitudes más fáciles de medir, pueden obtenerse resultados con este segundo caso aplicables al primero con la tabla de equivalencias entre magnitudes.

Un ejemplo típico podría ser el estudio de la distribución de presiones sobre un perfil de ala de avión que puede realizarse mediante la medida de los potenciales electrostático sobre un dieléctrico entre dos placas a potencial distinto.



# Teratógenos, agentes

**S**erpientes con dos cabezas, dragones con dos colas, cíclopes con un solo ojo. La mitología antigua rebosa de descripciones de seres maravillosos y monstruosos. También una moderna ciencia, llamada Teratología, incluye descripciones similares a propósito de seres humanos y animales. Pero, al contrario de las culturas antiguas, esta nueva ciencia se ocupa también de determinar las causas de dichas monstruosidades, que con frecuencia derivan o coinciden con alteraciones en el desarrollo embrionario. Los organismos más estudiados son las ranas y los pollos; sin embargo, no son únicamente los embriones de los anfibios y de las aves los que pueden resultar afectados por la acción de los agentes teratógenos (*teras* significa "monstruo" y *genesis* "generación"). Numerosos experimentos han demostrado que estos fenómenos pueden tener lugar también entre los mamíferos, incluido el hombre; los trágicos efectos de las radiaciones ionizantes (en Hiroshima, Japón) y del fármaco *talidomida* (en Europa y Estados Unidos) han confirmado, lamentablemente, esta realidad.

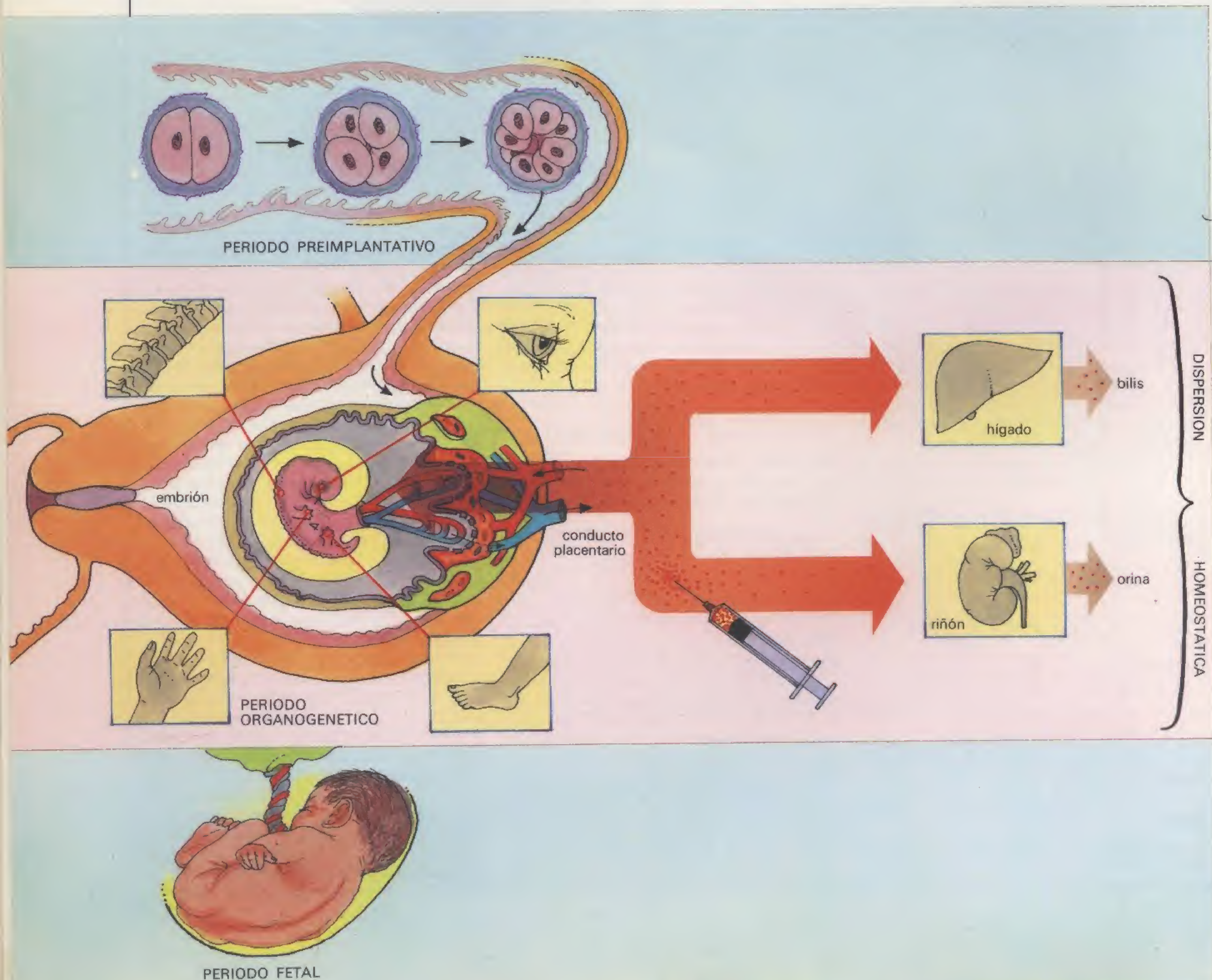
Los agentes teratógenos se han clasificado dentro de tres categorías: físicos, químicos y biológicos.

**Agentes físicos** El embrión de los mamíferos, que está protegido por el líquido amniótico y por las membranas embrionarias, no sufre daños si se somete a traumatismos mecánicos, a diferencia de lo observado en otros vertebrados (anfibios, en particular). Se sabe que las radiaciones ionizantes (sobre todo los rayos X y gamma) son, con seguridad, agentes teratógenos para los mamíferos y para el hombre. Se han producido, efectivamente, casos de graves alteraciones en los ojos y en el sistema nervioso central de recién nacidos que habían sido expuestos, durante los primeros meses de la gestación, a dosis elevadas de radiación, en la mayoría de los casos, debido a que la madre debió someterse a exploraciones radiográficas prolongadas.

Los experimentos de laboratorio llevados a cabo con mamíferos han puesto de manifiesto efectos cancerígenos y alteraciones en la constitución cromosómica en

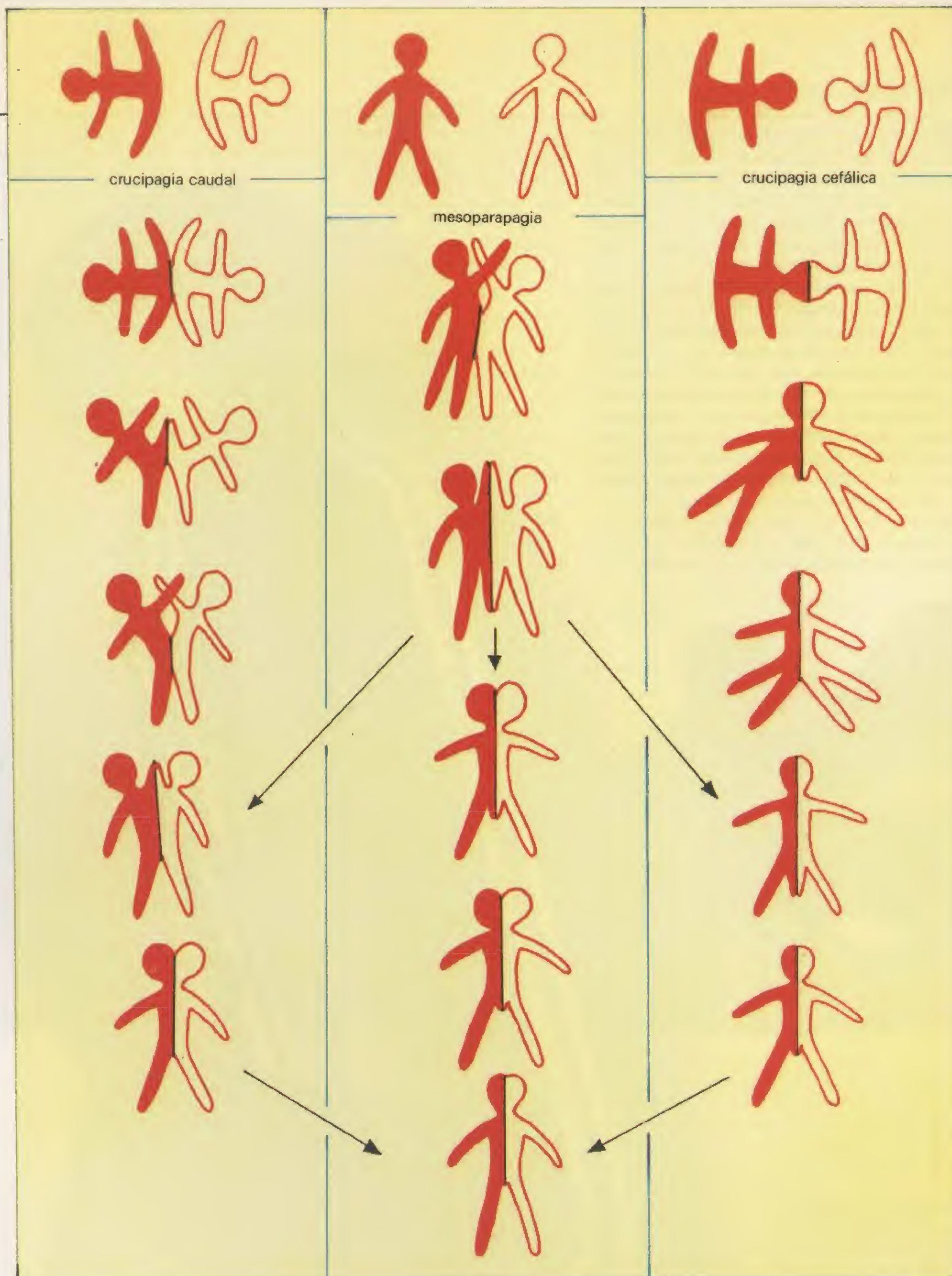
los casos de irradiaciones con rayos X, incluso en los casos de exposiciones cortas.

**Agentes químicos** Anualmente se sintetizan, o se producen como residuos industriales, y penetran en el ambiente millares de nuevos compuestos químicos. Considerando el hecho de que los insecticidas, herbicidas, fungicidas, aditivos alimentarios, disolventes, metales pesados y, finalmente, muchos fármacos pertenecen todos a la categoría de los agentes teratógenos, el estudio y el control de los efectos de tales compuestos sobre el organismo debe ser siempre atento, actualizado y extremadamente seguro. Si bien para producir alteraciones graves en el feto se necesitan dosis superiores a las que generalmente están contenidas en los productos más utilizados, el potencial de riesgo es muy elevado, dado que con frecuencia las sustancias se acumulan en el organismo. Para la especie humana, en particular, algunos de los compuestos de más alta peligrosidad se encuentran contenidos en los fármacos, como por ejemplo la talidomida, las hormonas androgé-





En la página anterior se muestran esquemáticamente los distintos estadios del desarrollo en relación con la acción de los factores teratógenos: en el período previo a la implantación, el embrión es prácticamente insensible al efecto de estos factores, mientras que en el período de formación de los órganos (organogénesis), la sensibilidad se muestra mucho más elevada. En el período fetal siguiente, la sensibilidad tiende nuevamente a reducirse. Afortunadamente, la acción tóxica desarrollada por estos factores sobre el embrión se ve en parte atenuada por el paso a través de la placenta y en parte por la capacidad de autorregulación (homeostática) del organismo materno. La acción de los factores teratógenos se manifiesta en distintas partes del cuerpo (manos, pies, ojos y, en la parte superior, a la izquierda, columna vertebral) y, en algunos casos, pueden incluso producir fenómenos de duplicidad, cuyos principales tipos se pueden observar en la ilustración a la derecha de estas líneas.



nicas y los compuestos orgánicos del mercurio. En lo que concierne a las sustancias difundidas en el ambiente en distintas concentraciones (por ejemplo, fungicidas, insecticidas, disolventes, detergentes), los efectos teratógenos se han podido observar en algunas especies animales, mientras que en la especie humana resulta difícil establecer con precisión si las malformaciones son provocadas sólo por contaminación directa o también por la introducción, por vía indirecta, de determinadas cantidades de dichas sustancias. Existen, sin embargo, ambientes en los que el riesgo de acción teratógena es muy elevado. Se trata de los lagos, ríos y mares en donde se vierten los residuos industriales y urbanos.

**Agentes biológicos** Una mujer que no haya padecido la rubeola debe procurar no entrar en contacto con personas afectas de esta enfermedad infecciosa, de origen viral, en el transcurso de la gestación. Se ha descubierto, efectivamente, una estrecha correlación entre la rubeola y la aparición de malformaciones en el feto. Entre los agentes teratógenos biológicos se incluyen algunos virus y microorganismos que llegan hasta el feto, penetrando a través de la placenta, y ejerciendo en él su acción tóxica.

Las malformaciones más típicas producidas por el virus de la rubeola (el agente mejor conocido en el momento actual) se presentan en el corazón y en los ojos. Otro agente muy conocido es el *Herpes virus*

*hominis*, cuya acción se manifiesta en el momento del nacimiento, con fiebre, cianosis y, algunas veces, colapso circulatorio que con frecuencia es letal. El protozoo *Toxoplasma gondii* es el único agente teratógeno biológico de tipo no viral.

Entre los agentes biológicos deben mencionarse también algunas enfermedades, como la diabetes mellitus y la fenilcetonuria, que conllevan alteraciones de los procesos metabólicos y de la actividad glandular y pueden influir en el desarrollo del feto.

Véase Embarazo; Embrión y Embriología; Gen; Genética; Radiactividad; Rayos X



# Termo

**E**n 1872, un científico inglés, sir James Dewar, comenzó a realizar experimentos con gases en estado líquido. Para que un gas pueda licuarse es necesario enfriarlo por debajo de una cierta temperatura, llamada temperatura crítica, cuyo valor suele ser bastante bajo. Para conseguir esas temperaturas tan bajas, Dewar seguía el procedimiento habitual de comprimir el gas mediante una bomba de presión. Sin embargo, el verdadero problema consistía en, una vez alcanzada la temperatura crítica, cómo mantenerla, evitando el intercambio de calor con el medio ambiente. Tras diez años de investigaciones, Dewar inventó una especie de "botella aislada con vacío", el llamado "vaso de De-

paredes revestidas de una capa metalizada que evita toda transferencia de calor por irradiación

zona de vacío que impide todo transporte de calor por conducción o por convección

tapón de cierre hermético

recipiente en el que se conserva el líquido

revestimiento interno

war", cuya principal característica es que conservaba los líquidos calientes o fríos durante largo tiempo. Las modernas botellas o frascos "termos", de uso bastante corriente hoy en día, constituyen una versión actualizada y práctica del vaso de Dewar.

**El principio de funcionamiento** "Termo" es tan sólo el nombre comercial de las botellas al vacío para uso corriente,

Estructura interna de un termo: está constituido por una botella de vidrio de paredes dobles, con las superficies internas revestidas de

plata, y separadas por una cámara de vacío. Está colocada en el interior de un recipiente metálico, y cerrada por un tapón de rosca que asegura

un cierre hermético y sirve también como vaso. La conservación de la temperatura de la sustancia contenida en el termo se debe a diversos factores:

por un lado al vidrio, que es un pésimo conductor del calor; por otro, al vacío en el intersticio de las dos paredes, que impide el paso del calor y,

finalmente, al plateado de las paredes, que hace que el calor se refleje hacia la fuente de emisión; así, si la botella contiene un líquido frío, el plateado

lo protege del calor externo y si, por el contrario, contiene un líquido caliente, el metalizado evita que el calor se disipe hacia el exterior.



que pueden adquirirse en cualquier gran almacén, y que suelen protegerse con una envoltura metálica o, a veces, plástica. El termo funciona evitando la transmisión del calor por cualquiera de las tres formas en que ésta puede tener lugar, que son:

- **conducción:** consiste en el paso del calor a través de una sustancia sólida; por ejemplo, un recipiente de metal colocado sobre la llama de un hornillo de gas transmite parte del calor que recibe a través de su base;

- **convección:** es la transferencia del calor mediante el movimiento turbulento de un líquido o de un gas; el aire que circunda una estufa, por ejemplo, se calienta y se aleja de la fuente térmica, transfiriendo su calor a toda la estancia;

- **irradiación:** es la transmisión del calor en forma de energía radiante, es decir, sin la mediación de ninguna sustancia

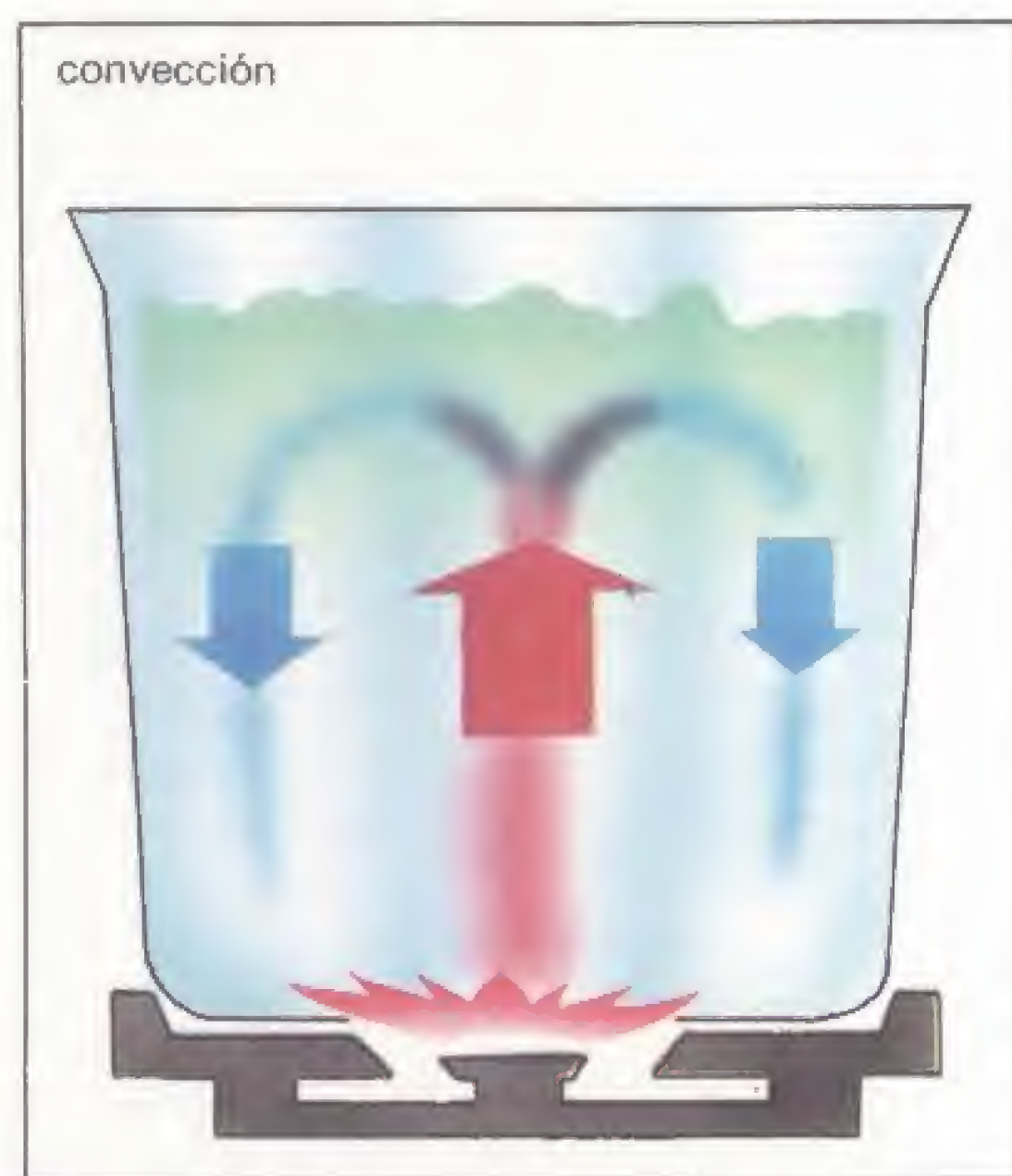
conductora; por ejemplo, el componente infrarrojo de la luz constituye la energía radiante que calienta los objetos que la luz ilumina; los objetos calientes emiten más cantidad de radiación que los objetos fríos: el Sol, por ejemplo, calienta la Tierra, precisamente, por medio de energía radiante.

**Cómo está constituido** El termo está constituido por dos botellas de vidrio, una contenida en el interior de la otra. En efecto, el vidrio es un pésimo conductor del calor. Las botellas de Dewar son de vidrio borosilicatado que, dentro de las variedades del vidrio, es un conductor particularmente malo. Las dos botellas están totalmente separadas una de la otra excepto en su base y en el borde del cuello, donde están sólidamente soldadas. En el compartimento que queda entre ambas se

hace el vacío, eliminando el aire mediante una bomba extractora. Finalmente, el conjunto se reviste de aluminio o de plata.

La existencia de una cámara de vacío entre las dos botellas evita la transferencia del calor por conducción o por convección y, a su vez, el metalizado protege el contenido del calor exterior, reflejando las radiaciones térmicas que puedan incidir desde fuera. Así, si la botella contiene un líquido cuya temperatura es inferior a la del medio ambiente, el plateado evita que la radiación exterior alcance el líquido; por el contrario, si ésta contiene un líquido a mayor temperatura, evita que el calor se disperse, en forma de radiación, hacia el exterior de la botella.

El tapón de la botella es de corcho o de material plástico, ambos pésimos conductores del calor, y del mismo material son también las almohadillas que mantie-



El termo evita toda transferencia de calor por cualquiera de las tres formas en que éste puede propagarse (arriba): **conducción**, que consiste en la transmisión del calor a través de una sustancia sólida; **convección**, que es la propagación del calor a través de los fluidos (líquidos y gases), e **irradiación**, en la que el calor se transmite en forma de energía radiante a través del espacio, sin mediación de ninguna sustancia.



nen firme la botella en el interior de su envoltura metálica o plástica. En general, los termos son posteriormente estabilizados por medio de un anillo de goma o por medio de un muelle situado en el fondo, que amortigua los golpes.

La única vía de una eventual transferencia de calor en un vaso de Dewar está en el cuello, el punto en el cual los dos bordes de las botellas se unen. Por ese motivo, el cuello es siempre lo más pequeño posible. En algunos casos, por razones de resistencia, las botellas no se fabrican en vidrio, sino en metal, pero dado que los metales son buenos conductores del calor, este tipo de botellas resulta mucho menos eficiente que las de vidrio.

Los mejores termos pueden mantener el contenido a una temperatura de 4 °C durante 12 horas, o también, si el contenido está caliente, pueden conservarlo a unos 60 °C por un período más largo. Las botellas de calidad inferior retienen el frío sólo por espacio de 3 ó 4 horas y el calor de 6 a 10 horas a lo sumo.



# Termodinámica

Hacia el año 75 d. de C., un científico griego de Alejandría, de nombre Herón, tuvo la intuición de colgar, sobre una fuente de calor, un globo metálico lleno de agua en situación de girar libremente alrededor de su eje vertical. En dos puntos diametralmente opuestos del globo instaló dos tubitos en forma de L, que comunicaban con el interior. Transcurrido el tiempo necesario para que el agua se calentase y empezase a hervir, observó cómo dos chorros de vapor, de intensidad creciente, comenzaban a salir de los dos segmentos del tubo, que, previamente, había orientado en direcciones opuestas entre sí, provocando un movimiento de rotación del globo alrededor de sí mismo. Herón llamó a su aparato *eolipila* (o "válvula de viento"). Aunque no sabemos si llegó a encontrar alguna aplicación práctica para su descubrimiento, este aparato demostró, por primera vez, que el calor constituía una fuente de energía y que podía, de hecho, ser empleada para generar un movimiento mecánico.

Abajo, interpretación del primer principio de la Termodinámica en el caso de una "máquina ideal", constituida por un cilindro cerrado, lleno de gas en equilibrio, y dotado de un émbolo móvil (a). Su energía se mantiene constante en el tiempo (b). Si se introduce calor (c),

el gas se calienta y se dilata, desplazando el émbolo: se ha suministrado, así, una energía calorífica y se ha obtenido un trabajo mecánico. En el diagrama (d) se muestra el balance energético del proceso global: en un cierto instante se ha introducido una

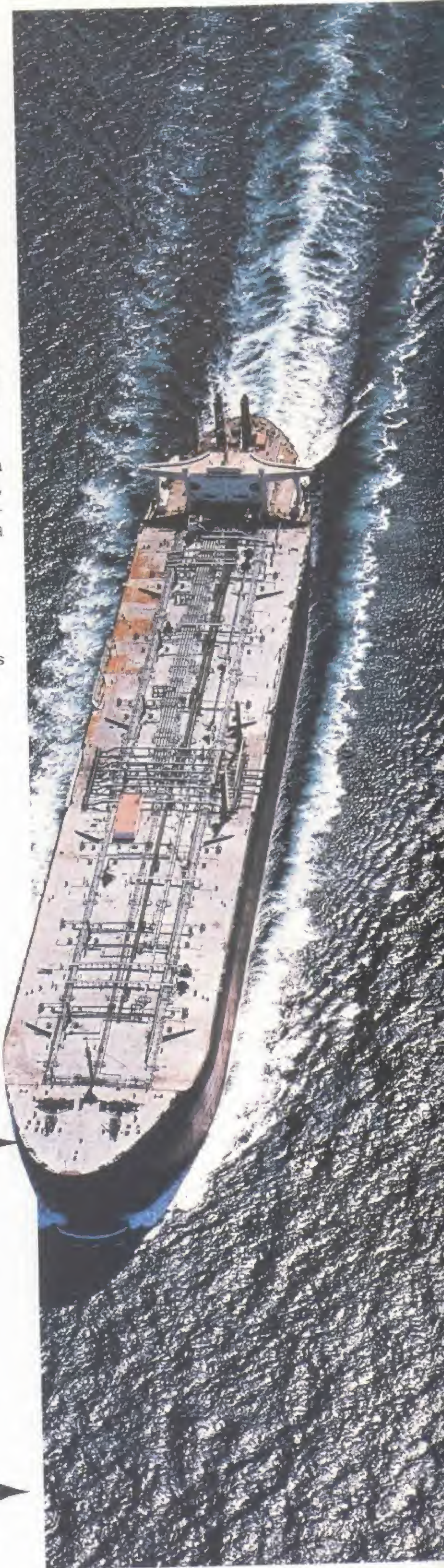
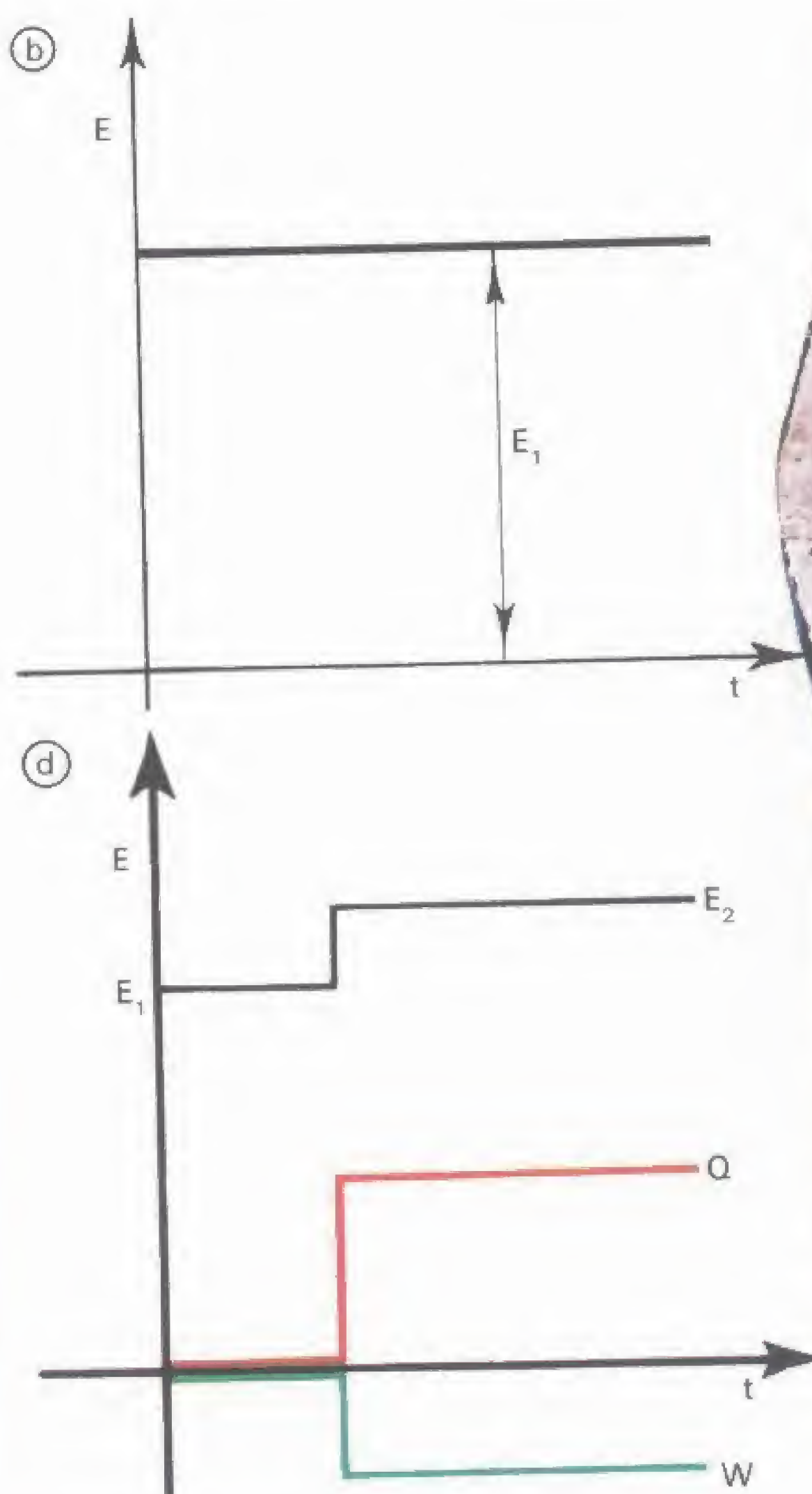
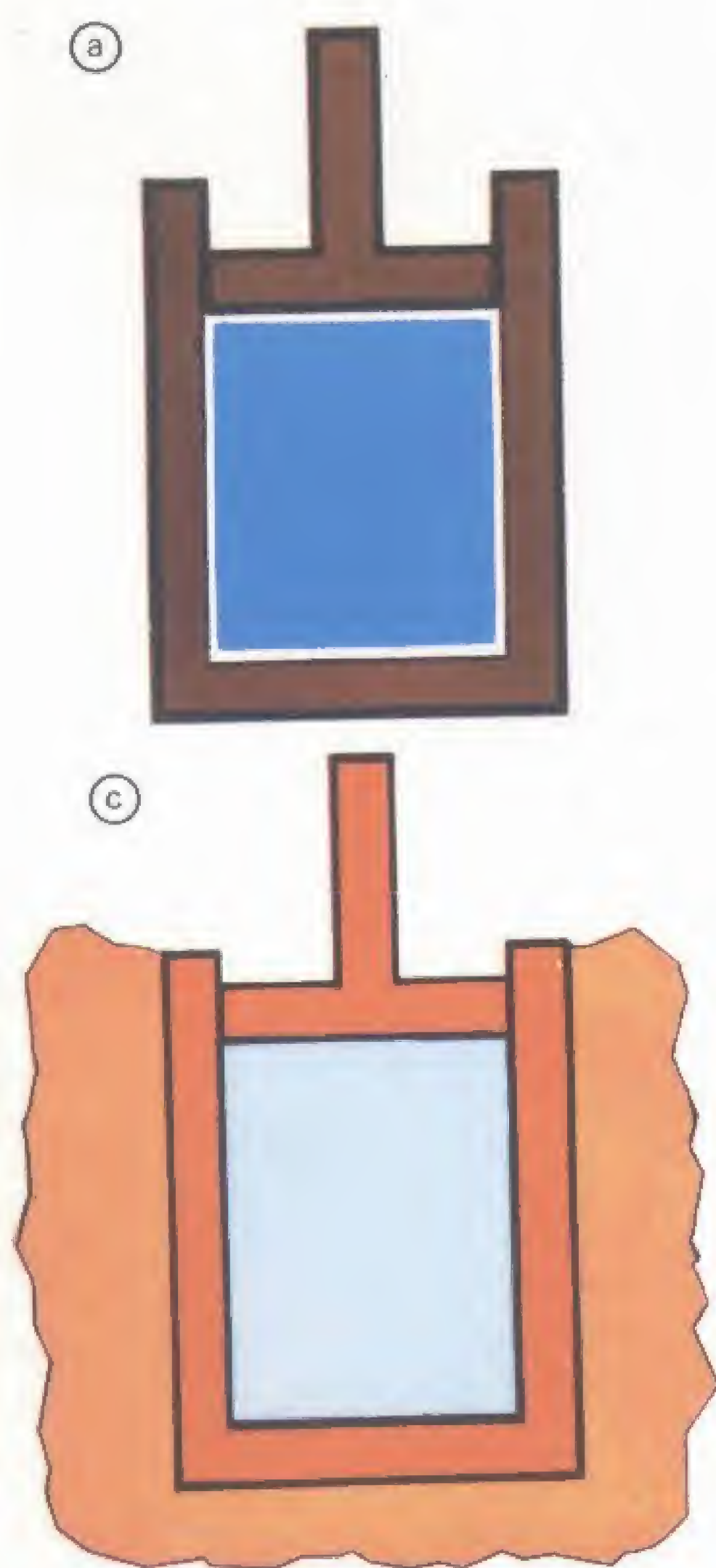
La *Termodinámica* estudia el calor y el movimiento mecánico como formas de energía, así como las condiciones bajo las que una puede ser transformada en la otra. Esta rama de la Física ha permitido desarrollar una gran diversidad de aparatos y procesos de enorme utilidad práctica, todos ellos basados en la conversión del calor en movimiento o del movimiento en calor. Nos referimos, por ejemplo, a los sistemas de refrigeración, a los motores de combustión interna (como los Diesel y las turbinas de gas), a los de combustión externa (como la turbina de vapor) o, incluso, a los motores propulsores de los vehículos espaciales.

Todas las transformaciones de carácter termodinámico están reguladas por dos leyes, conocidas como primer y segundo principios de la Termodinámica.

**Primer principio de la Termodinámica**  
El *primer principio de la Termodinámica*, conocido también como *principio de conservación de la energía*, establece que la

cantidad  $Q$  de energía calorífica (trazo rojo del diagrama) y al cabo del tiempo se ha producido una energía mecánica  $W$  (trazo verde del diagrama); la diferencia de energía interna entre los dos estados de equilibrio del sistema (a) y (c) viene determinada por el trazo vertical

(en negro)  
 $E_2 - E_1 = Q - W$ .  
El calor es una forma de energía y se expresa, por tanto, en las mismas unidades que el trabajo. En esto se basa la posibilidad de construir motores, inicialmente para la propulsión terrestre, y después para la naval (a la derecha).



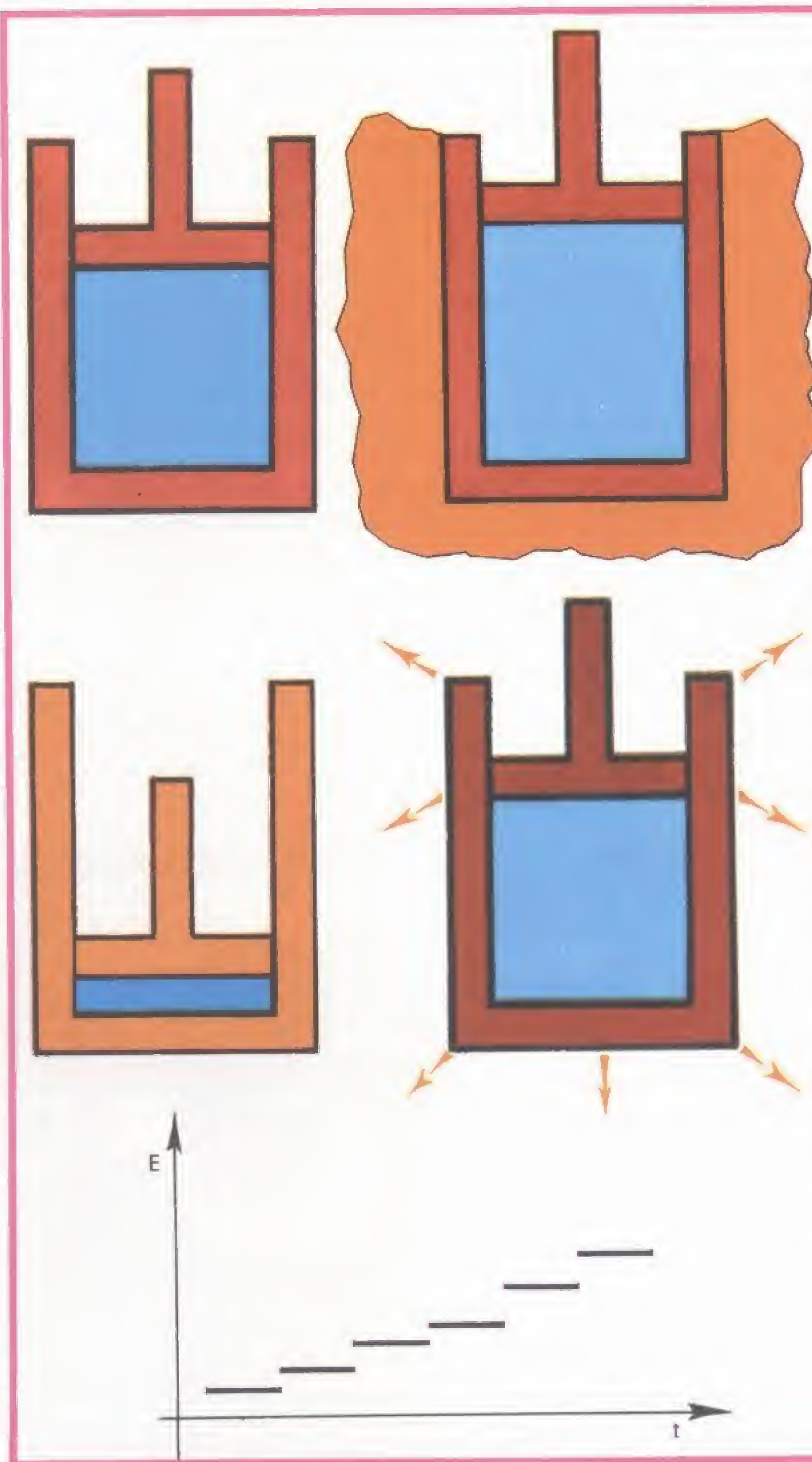


energía no se crea ni se destruye, sino que sólo se transforma, lo que significa que el balance global de energía en cualquier proceso de transformación energética debe ser nulo, es decir, la energía aportada o cedida al sistema debe ser igual a la energía producida más toda aquella que haya podido disiparse o ser absorbida por el sistema a lo largo del proceso. En realidad, no existe ningún proceso termodinámico en el que pueda obtenerse una transformación íntegra de una energía en otra; así, en un salto de agua, la cantidad de energía eléctrica producida es siempre inferior a la cantidad de energía mecánica que mueve las turbinas, y esta última, a su vez, es menor que la energía potencial del agua antes del salto. En conclusión, parte de la energía cedida al sistema se pierde siempre en virtud del cambio de temperatura que experimenta el propio sistema, es decir, en forma de calor. Por tanto, si se comunica a un sistema una energía  $\Delta Q$ , sólo una parte de esa energía se transformará en trabajo o en otra energía ( $\Delta W$ ); el resto de la energía suministrada al sistema será convertida en calor e incrementará su propia temperatura. Podemos definir, entonces, una función  $U$ , denominada *energía interna*, que depende sólo del estado del sistema (es decir, de su temperatura) y cuya variación, en una transformación determinada, viene dada por la siguiente expresión:  $\Delta U = \Delta Q - \Delta W$ . Esta ecuación permite deducir que la energía interna del sistema puede incrementarse suministrándole calor o trabajo.

El descubrimiento realizado por Einstein en 1905, según el cual la energía puede ser creada a partir de la materia, no se contradice en absoluto con el primer principio de la Termodinámica. Significa únicamente que este principio debe ser ampliado de tal forma que al realizar el balance energético se tenga también en cuenta la materia. De hecho, los físicos actuales se refieren siempre a las partículas subatómicas no por la cantidad de masa que contienen sino por la cantidad de energía que representan.

### Segundo principio de la Termodinámica

Ya hemos visto cómo el primer principio de la Termodinámica se limita a establecer una apreciación cuantitativa del balance energético que tiene lugar en cualquier proceso termodinámico de transformación. En este sentido, el primer principio no hace ninguna distinción entre calor y trabajo, y ambos términos aparecen en la ecuación  $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$  como simples sumandos expresados en las mismas unidades. Sin embargo, la experiencia real lleva a la conclusión de que existe una diferencia intrínseca entre calor y trabajo, una diferencia de calidad entre ambas formas de energía. Así, mientras que la conversión de trabajo en calor es una operación sencilla que se puede realizar con un rendimiento muy elevado, muy próximo al 100%, el proceso contrario, es decir, el de la obtención de trabajo a partir del ca-



La Termodinámica permite entender por qué resulta absolutamente imposible la construcción de un móvil perpetuo. En teoría, existen dos tipos de movimiento perpetuo: de primera y de segunda especie. El primero propone un mecanismo capaz de permanecer eternamente en movimiento con sólo un aporte inicial de energía. El segundo pretende la construcción de una máquina o motor capaz de generar más energía (trabajo) de la que consume. Arriba, a la izquierda, se observa un sistema compuesto por una masa de gas contenida en un cilindro, retenida por un émbolo móvil y en equilibrio térmico y mecánico con el medio ambiente. Arriba, a la derecha, el sistema se calienta: parte del calor suministrado se convierte en trabajo (expansión del émbolo). Abajo, a la izquierda, desde el exterior se realiza un trabajo sobre el sistema (el émbolo es empujado para comprimir el gas). Finalmente, se deja que el sistema se expanda, produciendo trabajo y liberando calor. Al finalizar el ciclo, el trabajo realizado sobre el sistema es igual al producido por éste, y el calor introducido es igual al calor disipado; este resultado coincide con lo previsto por el primer principio, según el cual la energía total del sistema debe permanecer constante. Sin embargo, todo movimiento perpetuo de primera especie exige que, en cada ciclo, la energía aumente (diagrama de abajo), lo que es totalmente absurdo.

lor, ya no resulta tan simple, y ninguna máquina térmica, ni la más sofisticada, alcanza valores de rendimiento tan altos. Estos hechos conducen a considerar que el calor constituye la forma más degradada de energía, de calidad inferior a cualquier otra.

El primer principio tampoco impone ninguna restricción con respecto al sentido en que tiene lugar un proceso. Sin embargo, el sentido común y la experiencia demuestran que existe una tendencia natural en los sistemas a evolucionar en un cierto sentido, hasta alcanzar estados de equilibrio más estables. Así, un gas comprimido en un recipiente presenta una natural tendencia a expandirse y a igualar su presión con la del ambiente exterior. Al expandirse, la energía del gas puede utilizarse para realizar un trabajo (mover un pistón, desplazar un objeto, etc.). Este constituye un proceso irreversible, ya que no cabe pensar que las moléculas del gas puedan, por sí mismas, volver a reagruparse y comprimirse hasta re-

cuperar su estado inicial. Se puede afirmar que en este proceso el gas ha perdido, espontáneamente, parte de su capacidad para desarrollar un trabajo, es decir, se ha degradado desde el punto de vista energético. Con objeto de poder describir esta tendencia natural de los sistemas termodinámicos a evolucionar en un cierto sentido hacia estados energéticos más estables, el segundo principio de la Termodinámica define el concepto de *entropía* como una magnitud que mide la "irreversibilidad" de un proceso. Así, se establece que en un sistema aislado los procesos con mayor probabilidad de ocurrir son aquellos en los que la entropía aumenta o permanece invariable. En conclusión, la entropía del Universo tiende a aumentar, ya que todos los procesos irreversibles que en él tienen lugar tienden a evolucionar hacia estados más estables y, por tanto, energéticamente más degradados.

**Aplicaciones prácticas: máquinas térmicas y bombas de calor** Los innumera-



bles estudios realizados a lo largo del tiempo por los científicos para poder deducir las leyes que rigen los procesos termodinámicos de transformación del calor en energía mecánica y viceversa culminaron con la invención y fabricación de numerosos mecanismos que contribuyeron notablemente al desarrollo social del hombre. Entre éstos, quizá, los más significativos fueron los motores térmicos o, simplemente, máquinas térmicas, nombre que se aplica a todo sistema susceptible de convertir calor en trabajo. El funcionamiento de cualquier máquina térmica se basa en el *segundo principio de la Termodinámica*, según el cual se puede extraer calor de un foco caliente y ceder parte de él a otro foco más frío, transformando la diferencia en energía mecánica o trabajo. Para ello, la mayor parte de las máquinas térmicas recurren al empleo de gases, basándose en el hecho de que, al calentarse, los gases se expanden y pueden inducir un movimiento. Así, la inicialmente mencionada *eolipila* de Herón constituye un simple, pero claro, ejemplo de máqui-

na térmica. También pertenecen a este grupo todas las máquinas de vapor en general, los motores de combustión interna (Diesel y turbinas de gas) y los motores con propelente sólido o líquido.

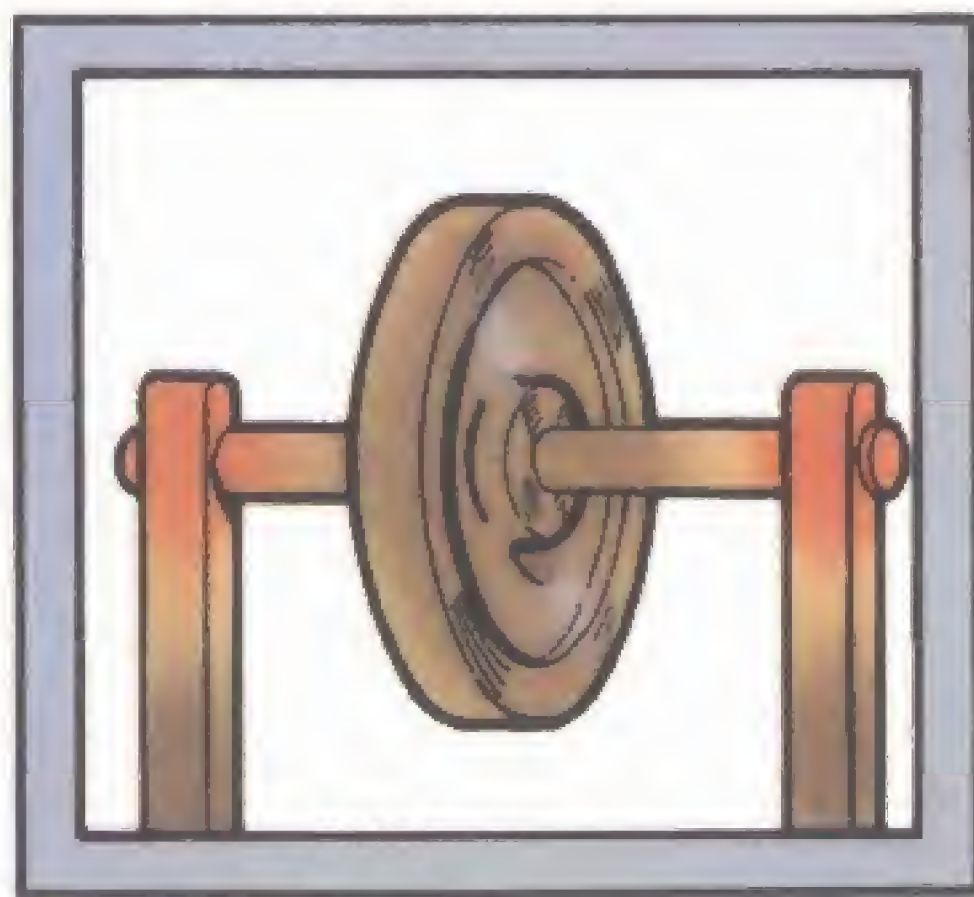
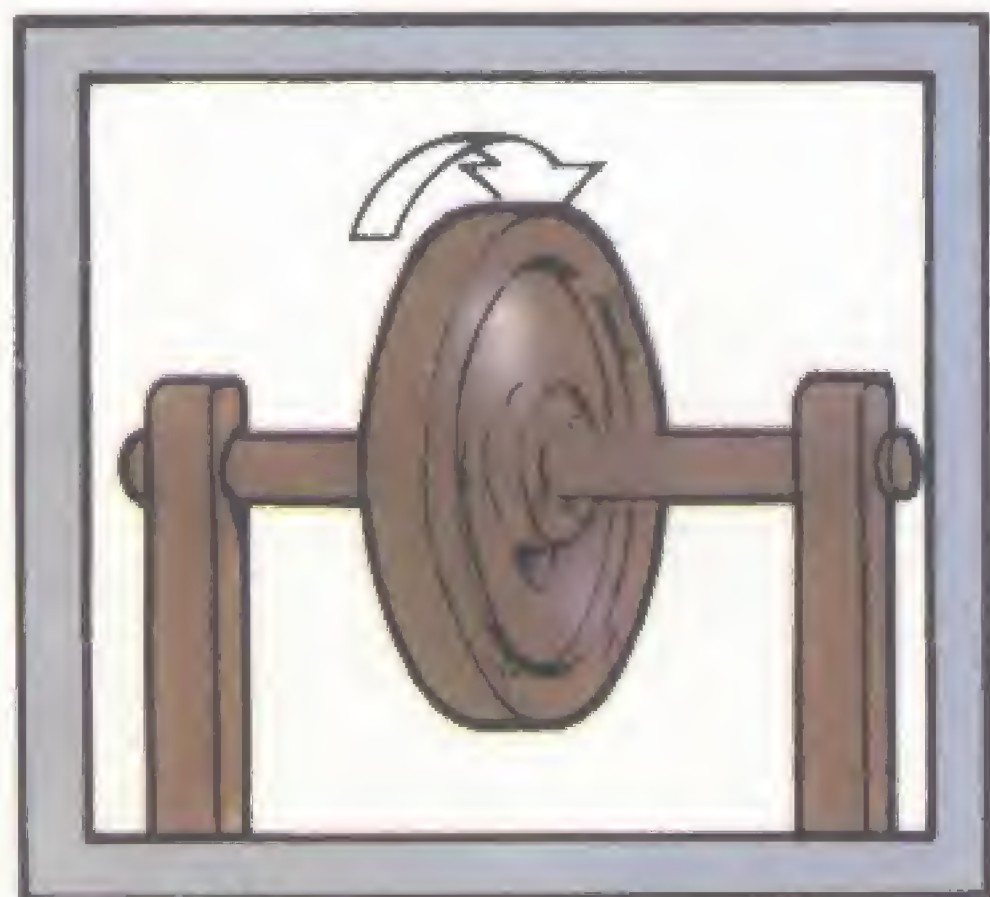
Los sistemas que utilizan energía mecánica para hacer pasar calor de un foco a otro se denominan *bombas de calor*. Aportando al sistema una energía  $W$  o realizando un trabajo equivalente, las bombas térmicas pueden extraer un calor  $Q_2$  de una fuente fría y ceder un calor  $Q_1$  a una fuente caliente. De acuerdo con el primer principio de la Termodinámica se debe verificar que:  $W + Q_2 = Q_1$ . En definitiva, partiendo de la diferencia de temperatura existente entre dos focos, las bombas térmicas transforman en calor la energía mecánica aportada al sistema. Ejemplos típicos de bombas térmicas son las máquinas frigoríficas, cuya función consiste en alcanzar temperaturas próximas a la de la congelación del agua, extrayendo calor de un cuerpo que se enfría (fuente fría) y cediéndolo a otro de temperatura más elevada (fuente caliente).

### Tercer principio de la Termodinámica

A finales del siglo pasado se realizaron numerosos estudios y especulaciones para deducir cuál debía ser el comportamiento de algunas magnitudes termodinámicas, en particular, de la capacidad calorífica y de la entropía, en las proximidades del cero absoluto. Fue evidente la necesidad de introducir una tercera ley de la Termodinámica que se refería, precisamente, al comportamiento de sólidos y líquidos a temperaturas próximas al cero absoluto. Sin embargo, las formulaciones de principios de siglo contenían pequeñas imprecisiones, que finalmente fueron eliminadas cuando se pudo introducir en el estudio de los sistemas termodinámicos las leyes de la Mecánica cuántica. De acuerdo con esta última, y basándose en los innumerables datos experimentales conocidos, Nerst enunció, en 1906, el frecuentemente llamado *tercer principio de la Termodinámica*; según éste, en toda transformación realizada por un cuerpo (sólido o líquido) químicamente puro y de densidad finita en el cero absoluto de temperatura ( $0\text{ K} = -273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), la entropía se mantendrá constante. Posteriormente, en 1910, Plank enunciaría que todo cuerpo puro y de densidad finita (sólido o líquido) tiene una entropía nula en el cero absoluto.

La principal consecuencia que se deduce de este tercer principio es la inaccesibilidad del cero absoluto, es decir, la imposibilidad de desarrollar un procedimiento experimental capaz de alcanzar una temperatura tan baja.

Véase Acondicionador de aire; Diesel, motor; Entropía; Frigorífico y congelador; Motor de combustión interna; Turbina de gas



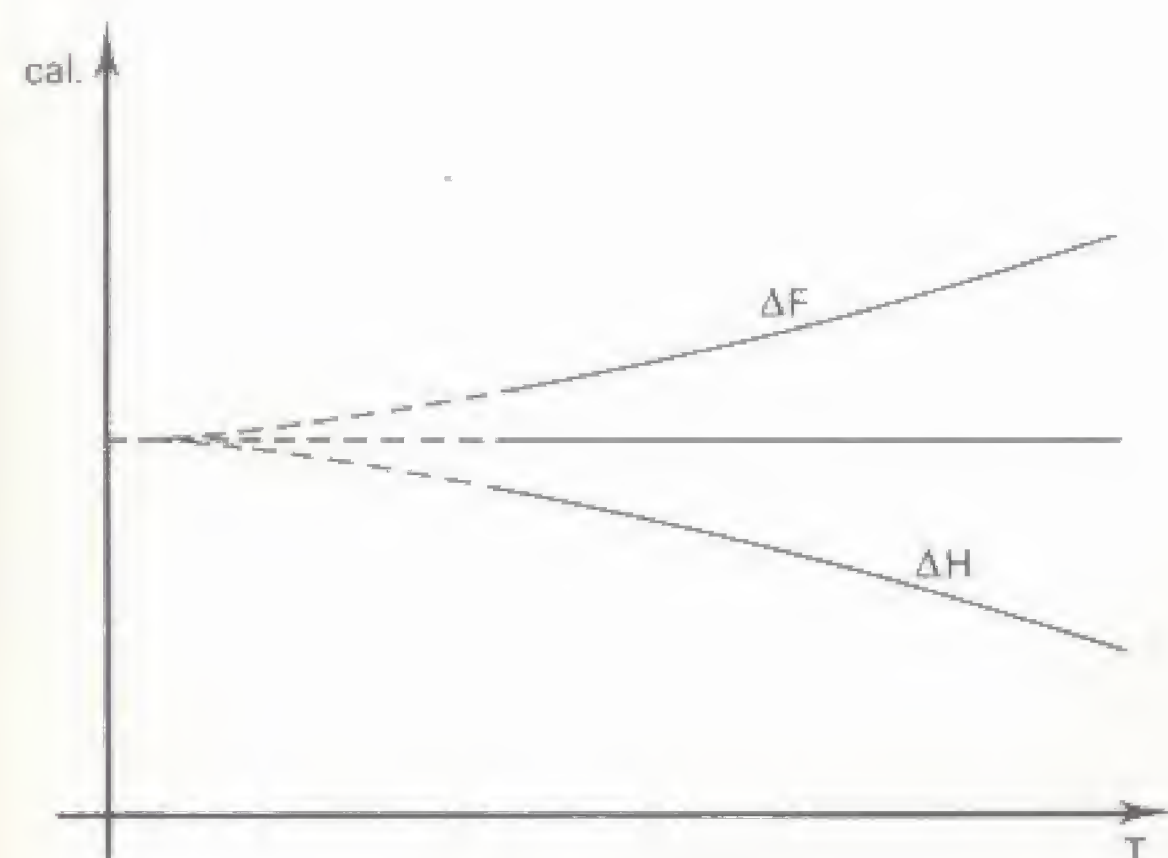
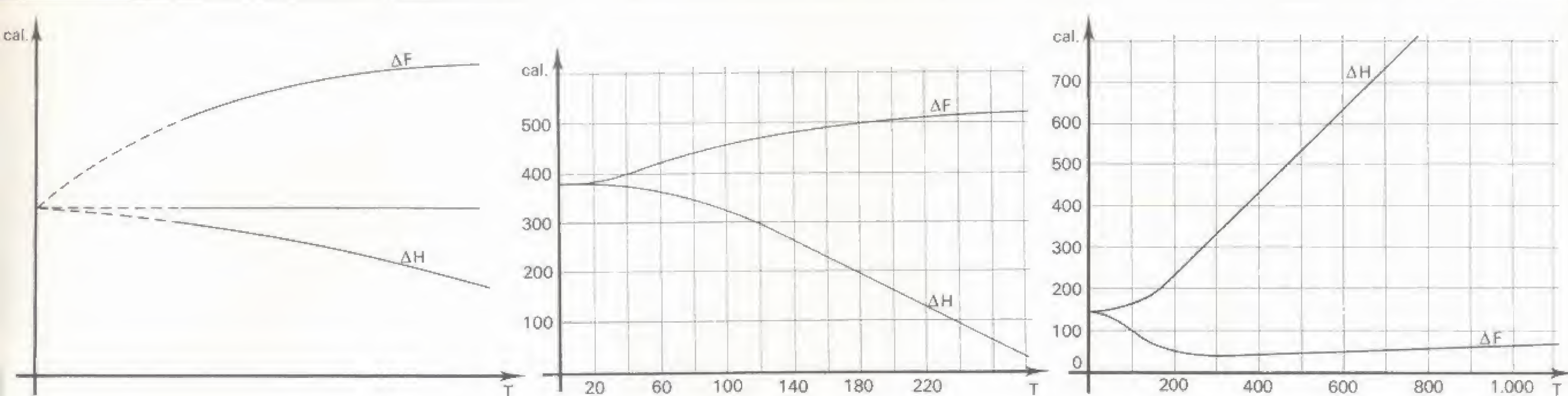
El primer principio afirma que en todo proceso termodinámico la energía global se conserva. En teoría, cabe pensar que no debería haber limitación alguna en la transformación del calor en trabajo o viceversa. Sin embargo, en la práctica no ocurre así. Consideremos, por ejemplo, que un gas se expande libremente por ser su presión superior a la del medio exterior; el equilibrio se alcanza cuando ambas se igualan. El proceso descrito se produce de forma espontánea e irreversible. En efecto, resulta inimaginable pensar que el proceso, de forma natural, se invierta y el gas recupere su estado inicial. En conclusión, el proceso de

expansión libre ha llevado al gas a una condición de uniformidad y le ha hecho perder su capacidad para realizar un trabajo. Consideremos ahora un volante de inercia dentro de un recipiente adiabático (arriba); si se le hace girar, su movimiento se irá agotando lentamente y los soportes se calentarán debido al rozamiento. El proceso es irreversible y no puede darse el hecho de que los soportes cedan todo su calor al volante para volver a ponerlo en movimiento. Tampoco en este caso se ha producido pérdida de energía; sin embargo, no es posible transformarla nuevamente en energía cinética. En todos los procesos

termodinámicos naturales, la capacidad para realizar trabajo disminuye, o lo que es lo mismo, la energía de los cuerpos se degrada. Los físicos han introducido una nueva magnitud que, de alguna forma, expresa el valor de esta degradación;





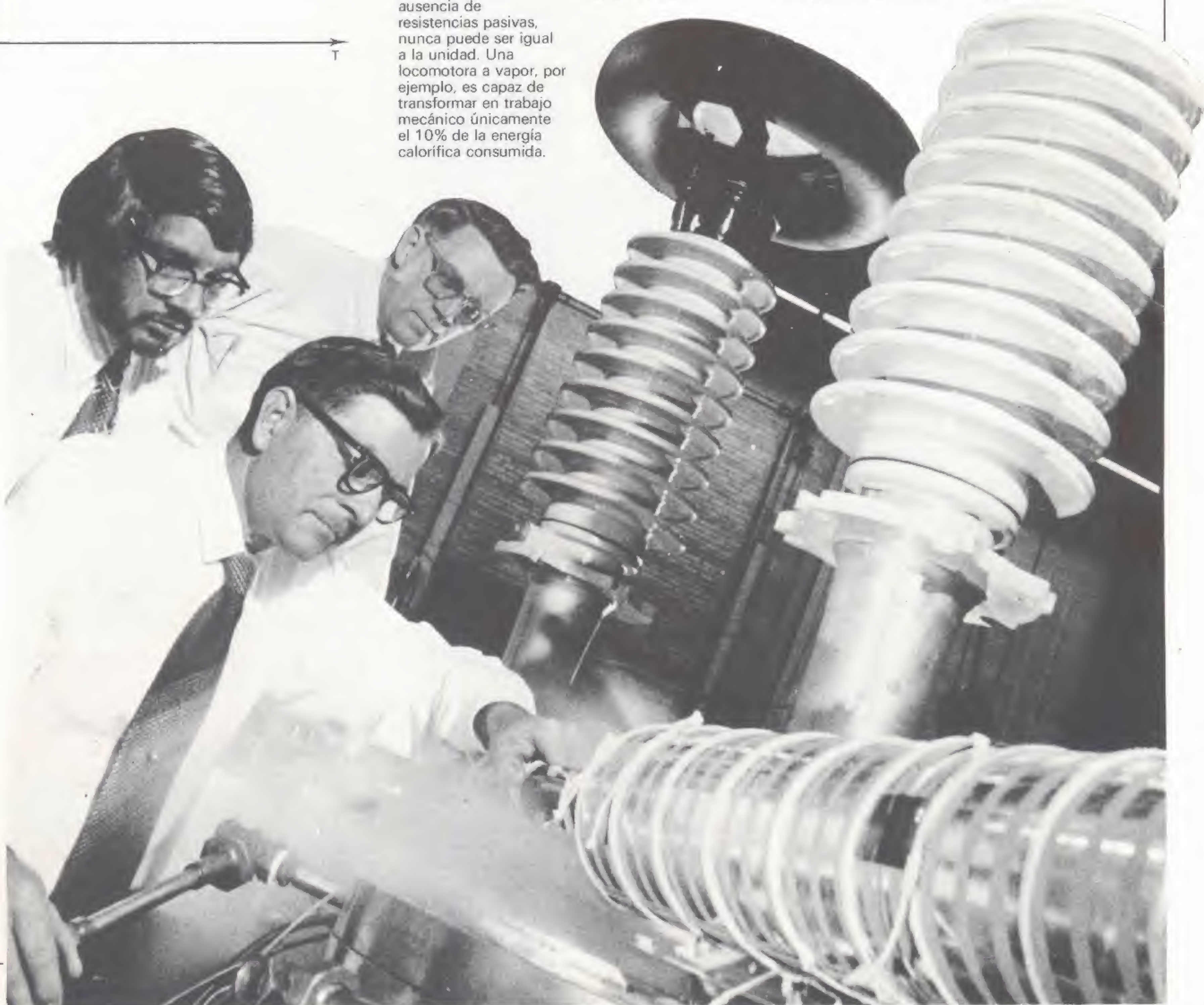


→ dicha magnitud se llama *entropía*. Tampoco en el caso de las máquinas térmicas es posible convertir íntegramente en trabajo una cierta cantidad de calor, ya que una parte del mismo queda inutilizada, por lo que el rendimiento de la máquina, aunque trabaje en condiciones ideales de total ausencia de resistencias pasivas, nunca puede ser igual a la unidad. Una locomotora a vapor, por ejemplo, es capaz de transformar en trabajo mecánico únicamente el 10% de la energía calorífica consumida.

La coronación de la Termodinámica exige el postulado de un tercer principio, de naturaleza mucho más sutil que los dos primeros. Se refiere al comportamiento de la materia en las proximidades del cero absoluto. Este principio establece que, en las proximidades del cero absoluto, la mayoría de las variables

termodinámicas tienden a anularse, mientras que las "funciones termodinámicas" (energía interna, entalpía, energía libre y entalpía libre) confluyen hacia un mismo valor. Los dos diagramas de la izquierda, arriba y abajo, muestran la variación teórica de la entalpía ( $\Delta H$ ) y de la energía libre o función

de Helmholtz ( $\Delta F$ ) en las proximidades del cero absoluto. Sobre estas líneas, sin embargo, se muestra la realidad experimental de esas variaciones para el estaño blanco, que pasa a gris, a la izquierda, y para el diamante, que pasa a grafito, a la derecha. Abajo, experimentos en la proximidad del cero absoluto.





# Termoelectricidad

**H**ace aproximadamente un siglo y medio, el físico alemán T. J. Seebeck descubrió que la temperatura y la electricidad ejercían entre sí una influencia mutua. Su descubrimiento, que marcó el inicio de una rama de la ciencia llamada *Termoelectricidad*, dio pie a un estudio más profundo de esa relación y de sus posibles aplicaciones. En efecto, la termoelectricidad presenta actualmente numerosas aplicaciones tecnológicas e industriales.

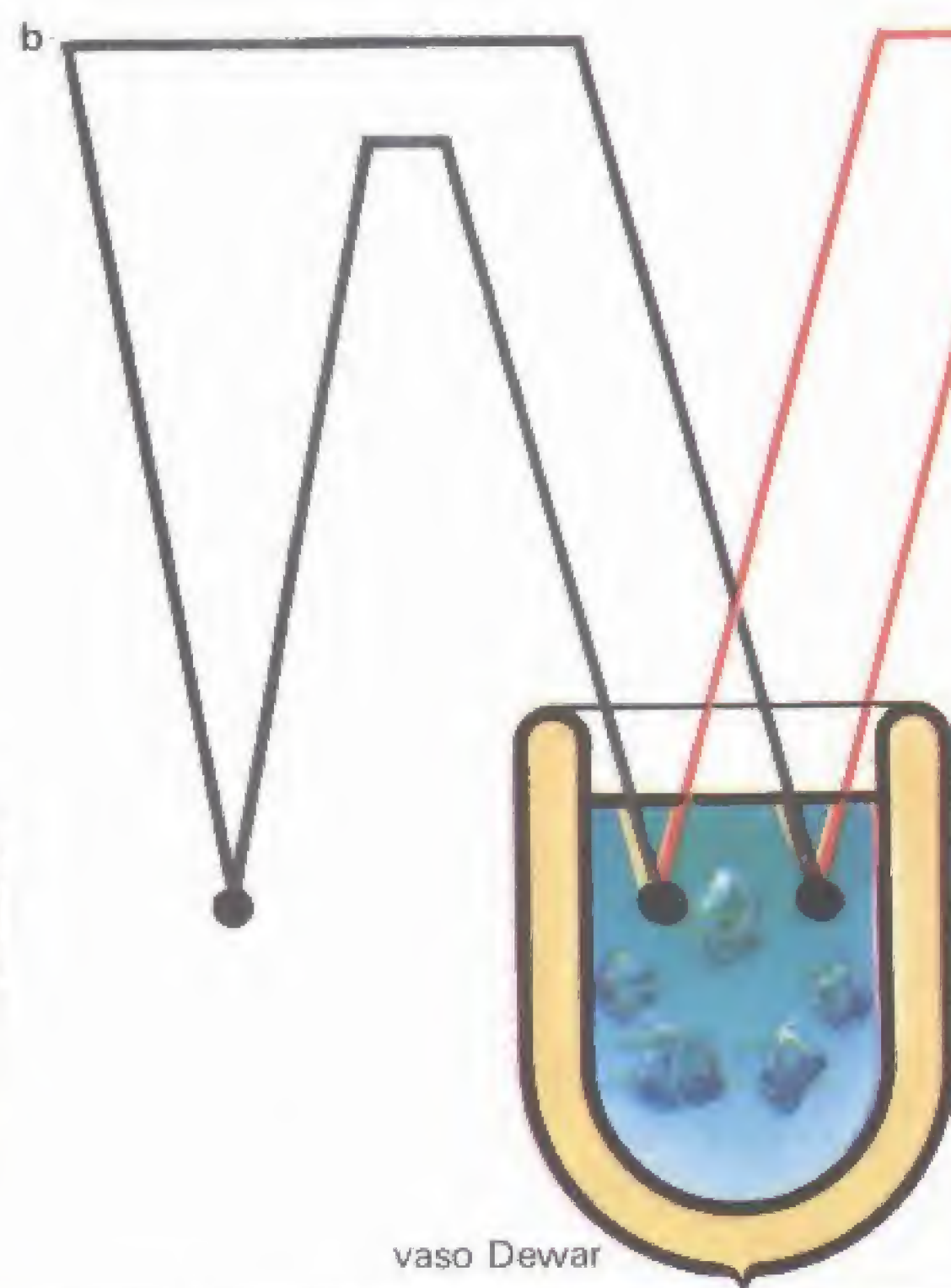
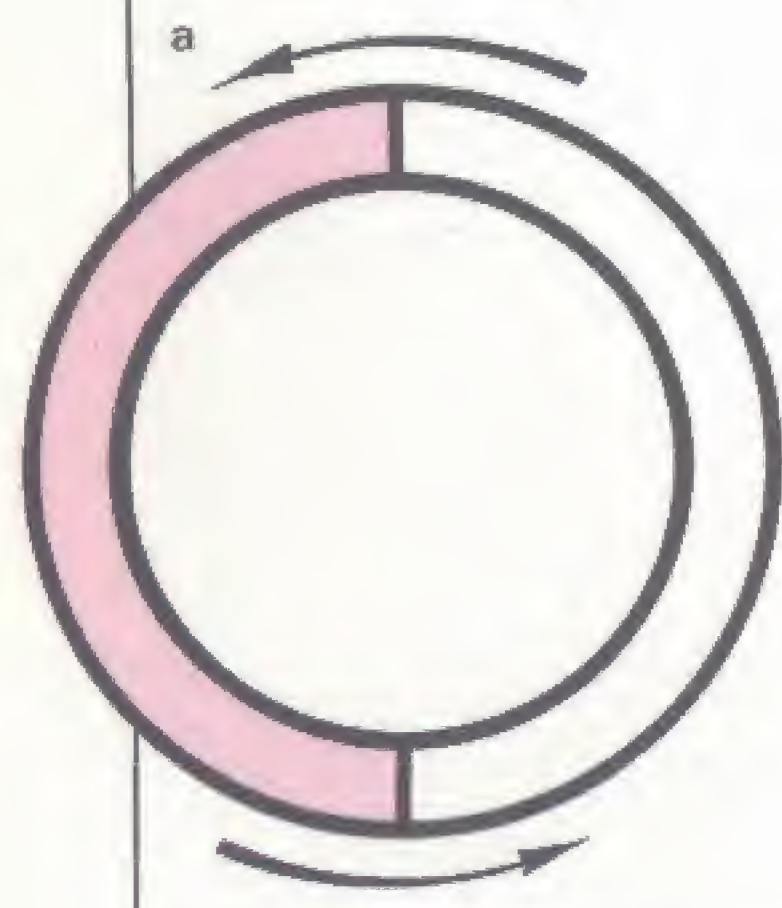
**Los efectos Seebeck, Peltier y Thomson** Seebeck construyó un circuito conductor de corriente eléctrica uniendo dos metales diferentes y colocó una aguja magnetizada cerca de una de las uniones. De esa forma comprobó que si calentaba la otra unión del circuito —con una vela encendida, por ejemplo— la aguja se desviaba. Seebeck supuso que se trataba únicamente de un efecto magnético y que la desviación de la aguja no tenía nada que ver con la electricidad. Sin embargo, Seebeck se equivocaba en sus conclusiones, ya que los experimentos posteriores demostraron que la diferencia de temperatura entre las uniones inducía la circulación de una corriente eléctrica en el circuito. La deflexión de la aguja se debía al campo magnético que se forma alrededor de todo conductor por el que circula una corriente eléctrica.

Jean Charles Peltier, un relojero, descubrió en 1834 un fenómeno inverso al que había observado Seebeck diez años antes. Observó que cuando circulaba una corriente eléctrica por un circuito formado por dos conductores distintos, se apreciaban diferencias de temperatura entre las soldaduras de los dos materiales. Igual que Seebeck, Peltier no pudo aceptar este hecho simple tal y como se presentaba y elaboró complicadas teorías que se basaban en sus ideas personales sobre la naturaleza de la electricidad. Cuatro años

Cuando se hace circular una corriente eléctrica a través de un circuito formado por dos materiales conductores distintos, en los puntos de unión, o soldaduras, se obtienen temperaturas diferentes. Este efecto, que recibe el nombre de *Peltier*, en honor de su descubridor, encuentra una amplia gama de aplicaciones en el campo de la instrumentación industrial y de laboratorio. A la derecha de estas líneas, un termoscopio diferencial. Una barra de bismuto, soldada a otras dos de antimonio, está colocada en su interior, de forma que cada una de las soldaduras se encuentra en una de las ampollas. Estas, que están unidas a un capilar lleno de mercurio,



Consideremos un par termoelectrico (a), es decir, un circuito constituido por dos conductores metálicos unidos por sus extremos, cuyas soldaduras se mantienen a diferentes temperaturas: se observa que circula una corriente por el anillo, que se mantiene mientras

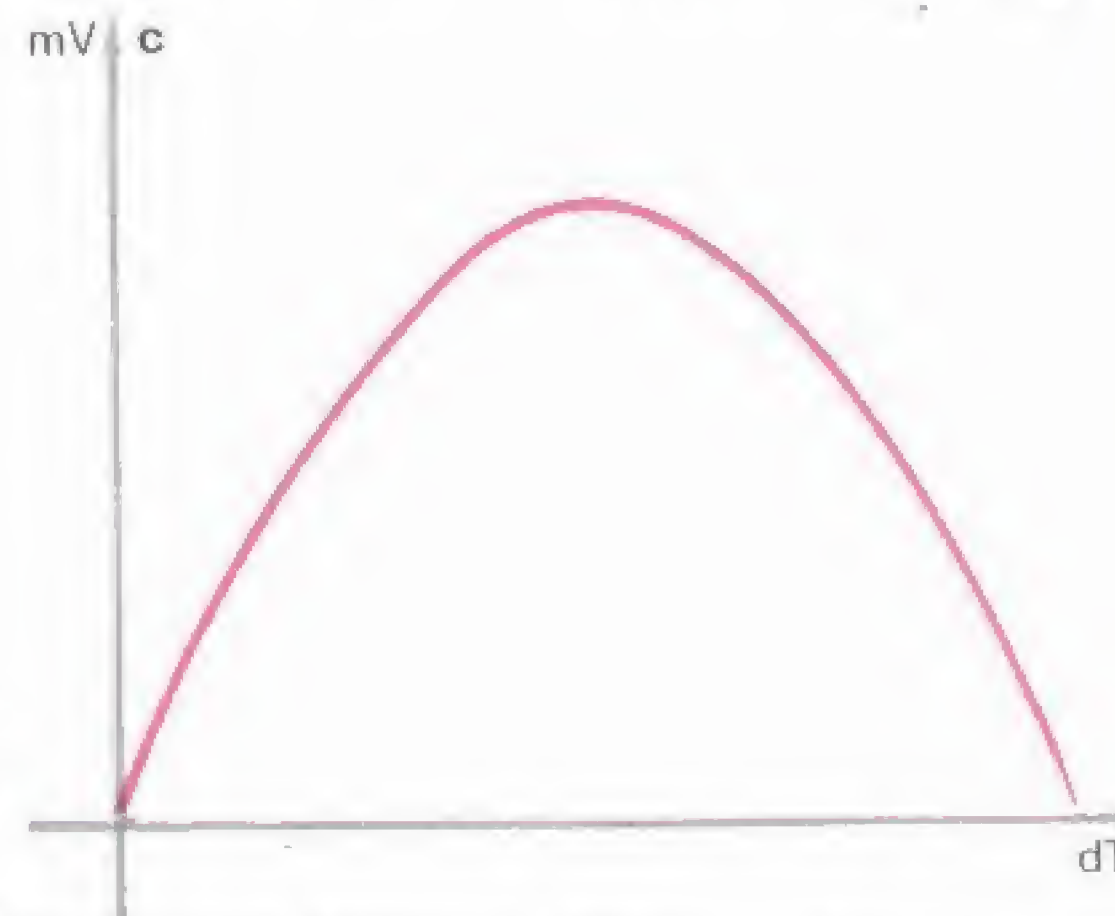


galvanómetro

persiste la diferencia de temperatura. Este efecto se llama termoelectrico o Seebeck. Se puede construir un dispositivo que relacione la diferencia de potencial (fuerza electromotriz termoelectrica) con

la diferencia de temperatura entre las dos uniones (b). Con tal fin se conectan dos hilos, uno de platino-rodio y el otro de platino, a dos conductores de cobre que llegan hasta un galvanómetro. La soldadura de la izquierda se sitúa en la zona cuya temperatura se desea

medir, y las otras dos soldaduras, entre cada metal y cada uno de los conductores de cobre, se colocan en un punto de temperatura constante y conocida, por ejemplo, un vaso Dewar con hielo fundente. Con este montaje se puede aumentar la temperatura de la

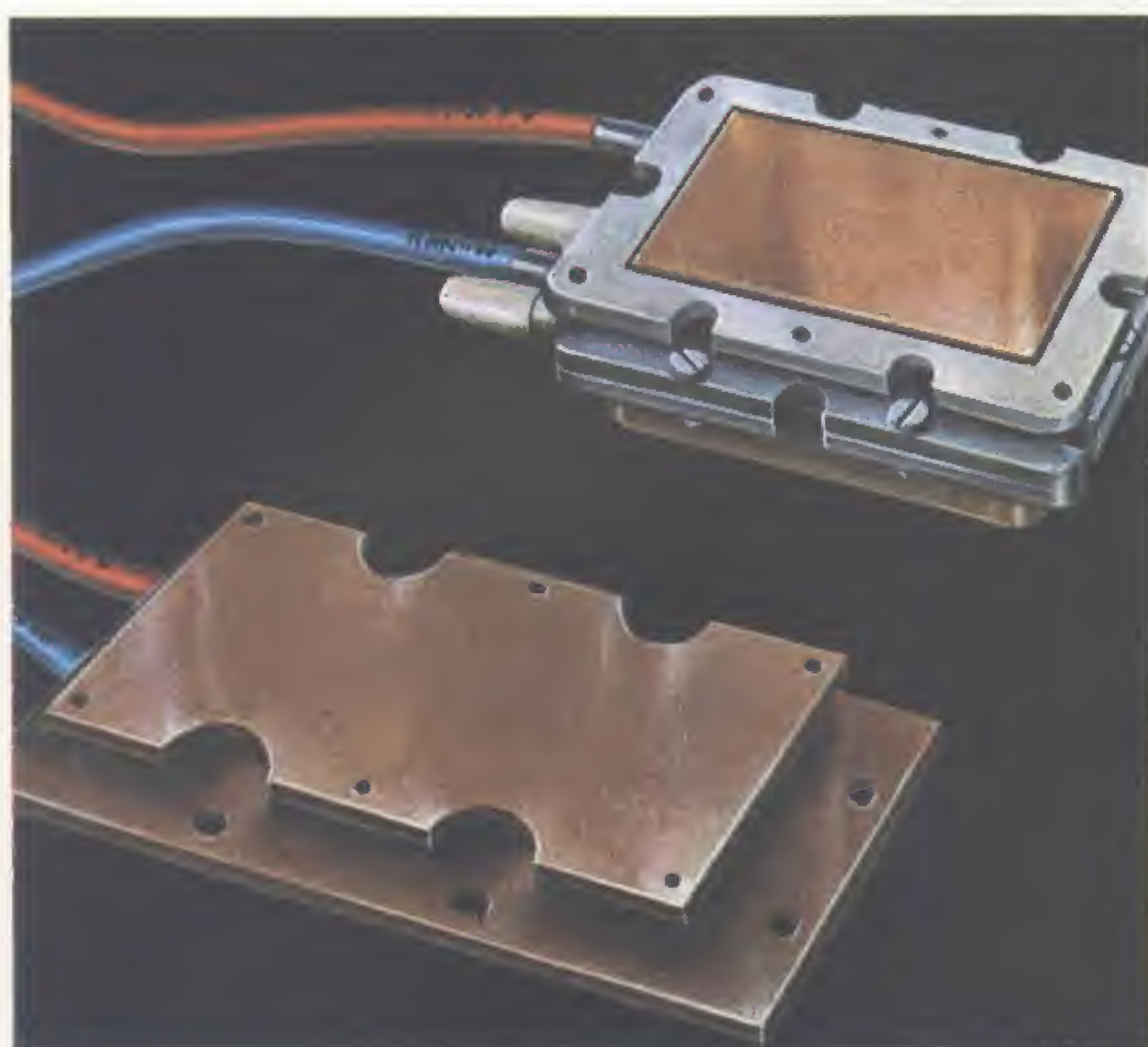






más tarde, el científico ruso Emil Lenz hacía que se congelaran y evaporaran, alternativamente, unas gotas de agua, haciendo pasar una corriente eléctrica por un circuito similar al de Peltier. En 1854, William Thomson (Lord Kelvin) demostró que en un único conductor también se produce una circulación de corriente cuando se crea una diferencia de temperatura entre dos de sus zonas. Actualmente hay que tener en cuenta este efecto, llamado *efecto Thomson*, cuando se lleva a cabo la calibración de aparatos basados en efectos termoeléctricos.

**Algunas aplicaciones de la termoelectricidad** Con el desarrollo progresivo de la termoelectricidad, los científicos confeccionaron tablas con las propiedades termoeléctricas de los distintos materiales



→ están llenas de gas, de forma que cualquier posible variación de temperatura en una de estas uniones antimonio-bismuto se pueda medir por la dilatación del gas dentro de la cavidad. El paso de corriente en un sentido produce un desnivel en las ramas del termoscopio, que cambia de sentido al invertir la corriente. El nivel del mercurio se elevará en la rama correspondiente a la soldadura que se calienta, mientras que descenderá en la que se enfría. A la izquierda, pequeños elementos refrigerantes con funcionamiento basado en el efecto Peltier: la unión que se enfría de los dos metales constituye el elemento refrigerante.

→ unión de la izquierda y observar las correspondientes variaciones de tensión. Para pequeñas diferencias de temperatura, la variación de tensión es lineal. Si la diferencia llega hasta algunos cientos de grados, la variación de tensión es claramente parabólica y, para un determinado

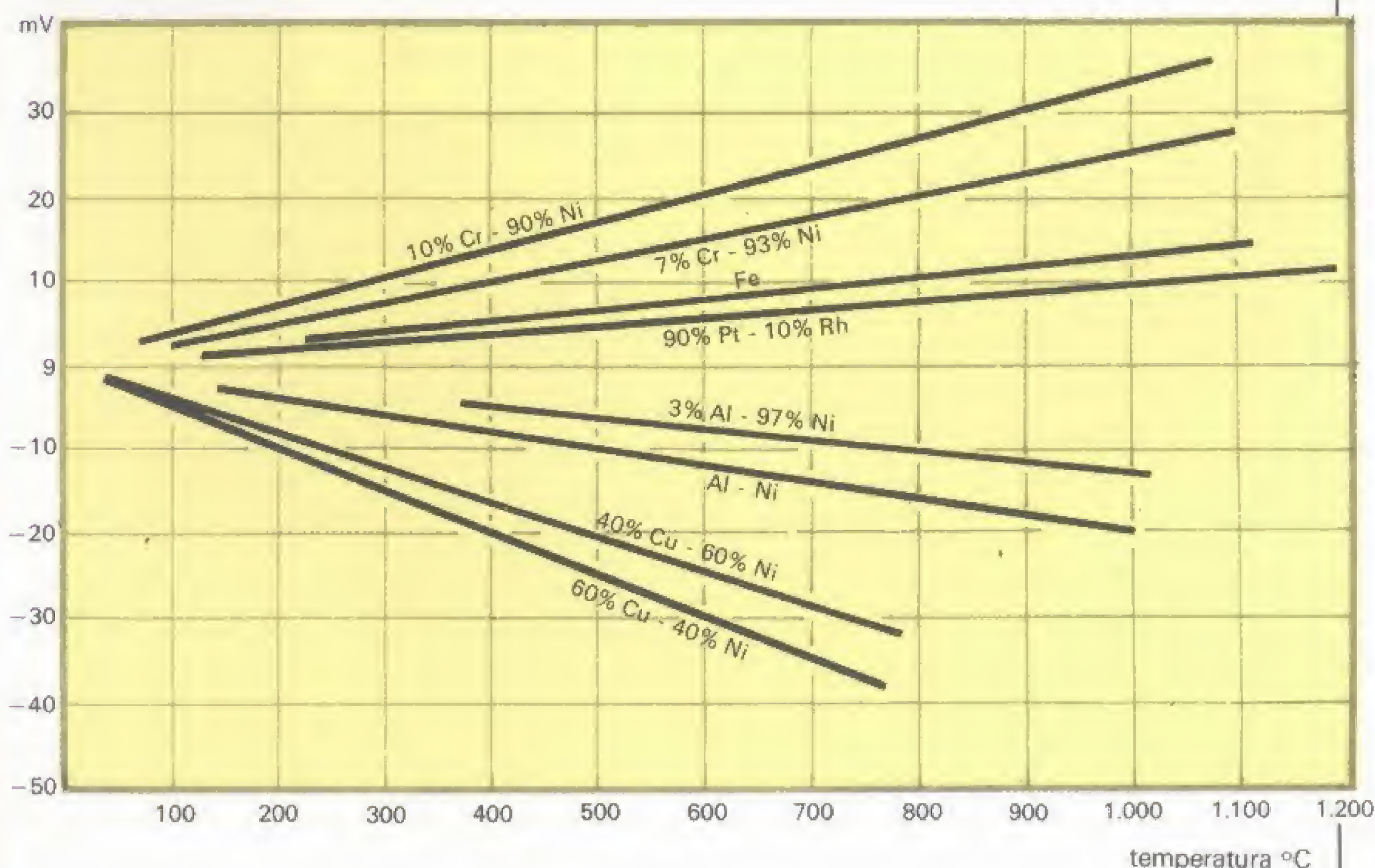
valor de temperatura, se produce una inversión de la polaridad de la tensión, que llega a anularse completamente (c). En (d), un termopar y en (e) una tabla que resume las características de las parejas de metales que suelen utilizarse en la fabricación de termopares.



conductores. Actualmente se construyen varios dispositivos que se pueden utilizar para medir temperaturas y corrientes eléctricas. Por ejemplo, numerosos instrumentos utilizados frecuentemente en la medida de magnitudes que afectan a nuestra vida cotidiana se basan en la unión cobre-constantán; estos dispositivos, conocidos con el nombre de *termopares*, generan una corriente eléctrica variable con la temperatura, cuyo valor se obtiene midiendo la fuerza electromotriz termoeléctrica de la corriente.

**Semiconductores** Los semiconductores son materiales —construidos en la mayor parte de los casos con aleaciones de metales con silicio— que se utilizan como "conductores autocontrolados". Recientemente, los semiconductores han adquirido una gran importancia, especialmente en la construcción de circuitos de ordenadores y en el campo de la fabricación de dispositivos para el almacenamiento de energía, debido a que permiten preestablecer exactamente la cantidad de corriente que se desea que pase de un punto a otro. Los semiconductores se utilizan también como reguladores automáticos de las corrientes eléctricas cuando están en juego variaciones de temperatura. Por ejemplo, una aplicación habitual es su utilización en generadores termoeléctricos que utilizan el efecto Seebeck para producir corriente a partir de una fuente de calor. Las ventajas de este tipo de generadores radican en la total ausencia de partes móviles, es decir, en su sencillez mecánica. En nuestros días se utilizan generadores termoeléctricos para usos militares y en algunas aplicaciones industriales donde se emplean fuentes nucleares de calor.

Véase Electricidad; Semiconductor; Termostato

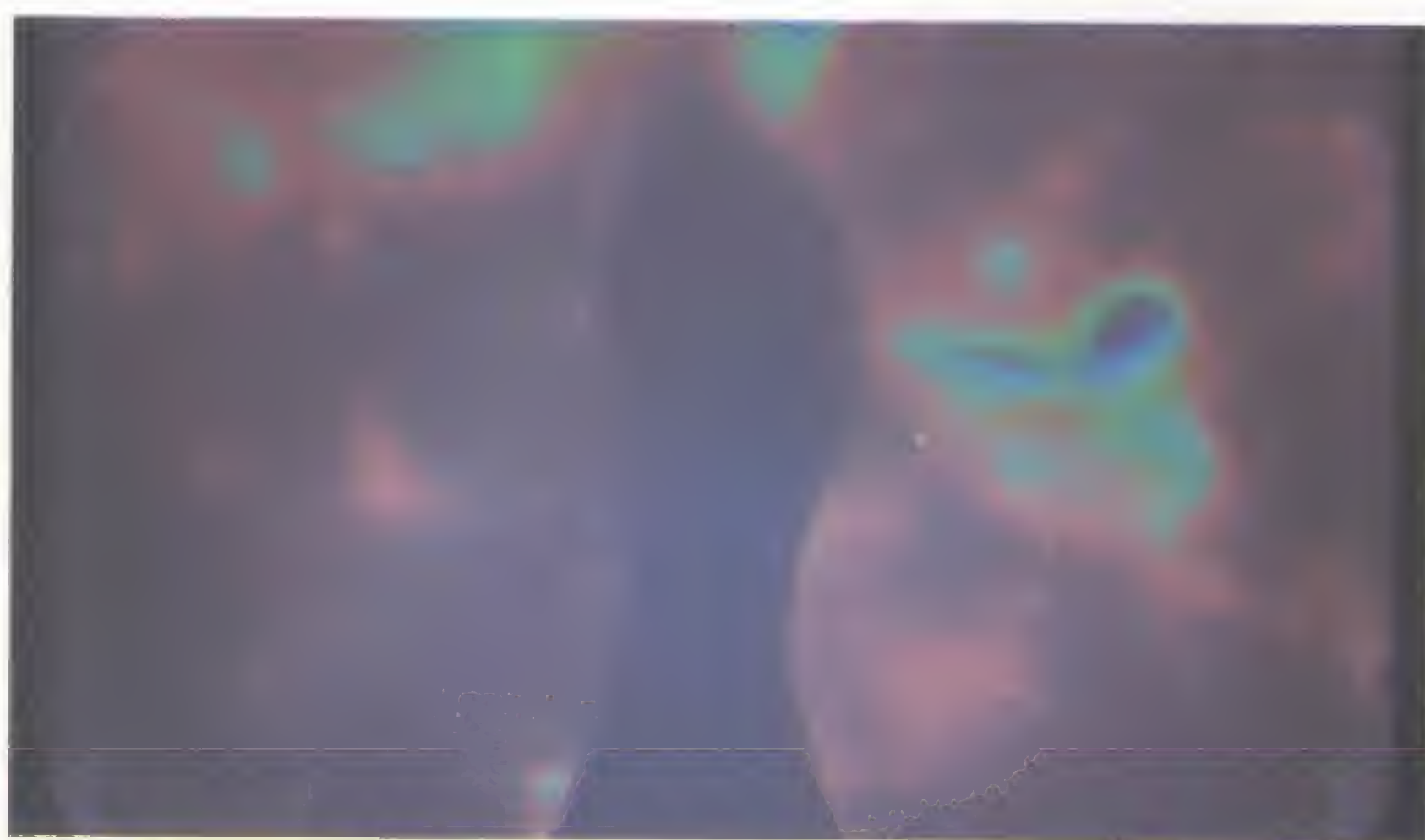




# Termografía

**E**l término *termografía* comprende tres procesos técnicos bastante distintos entre sí: un proceso fotocopiativo, un proceso de impresión y un método para la medida y el registro de la temperatura. La raíz griega *termo* significa calor y *grafía* quiere decir, a su vez, escritura, dibujo o descripción. En consecuencia, el término termografía puede aplicarse a todas aquellas técnicas cuyo objetivo sea la representación gráfica del calor.

**Reproducción e impresión** Existen sistemas de reproducción de textos basados en el principio termográfico; en éstos, la tinta en polvo es transferida por medio de un papel impregnado en ella. Una vez depositada la tinta, el calor la une firmemente al papel y la imagen se hace estable. Este proceso puede realizarse en máquinas de reproducción o de impresión.

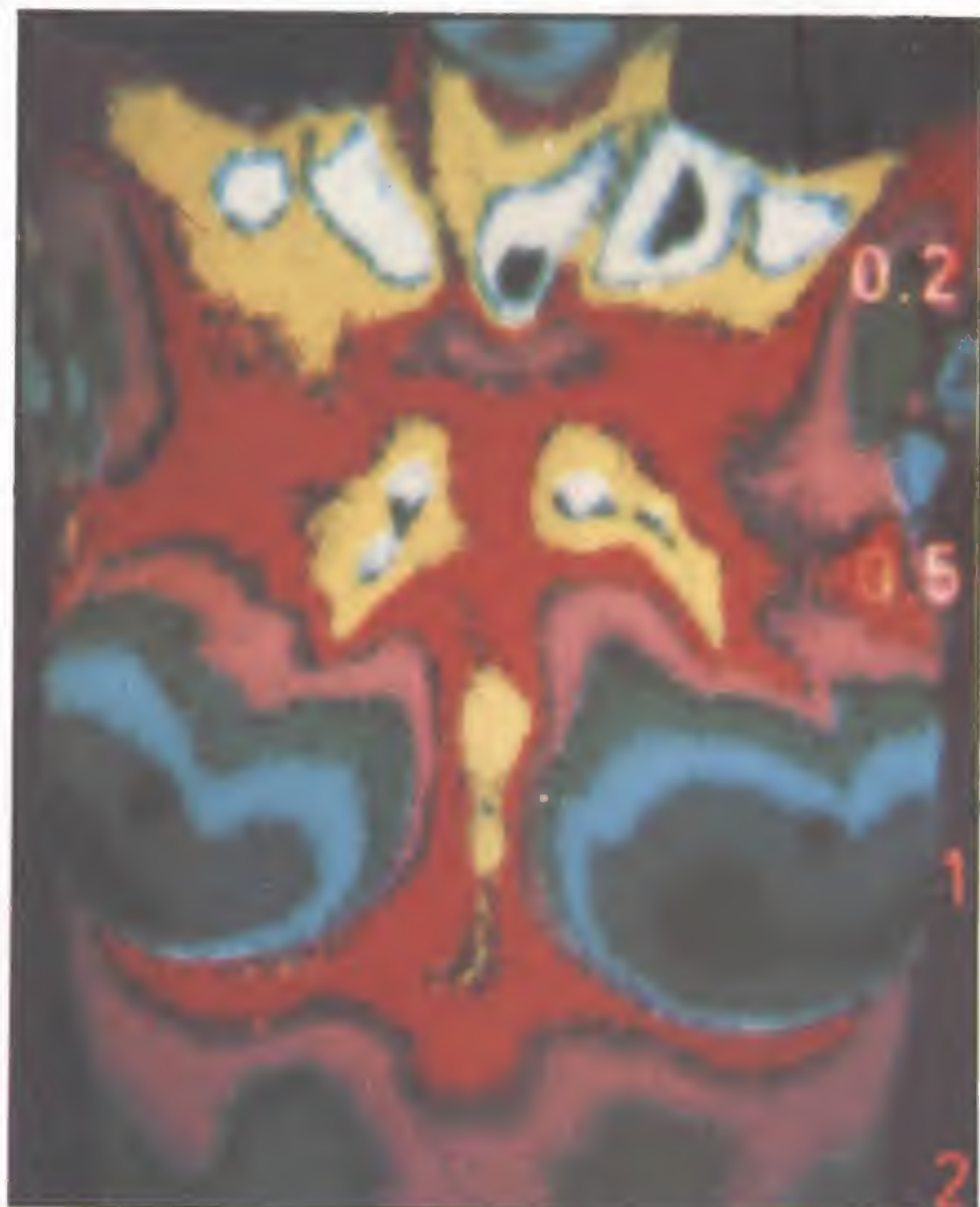
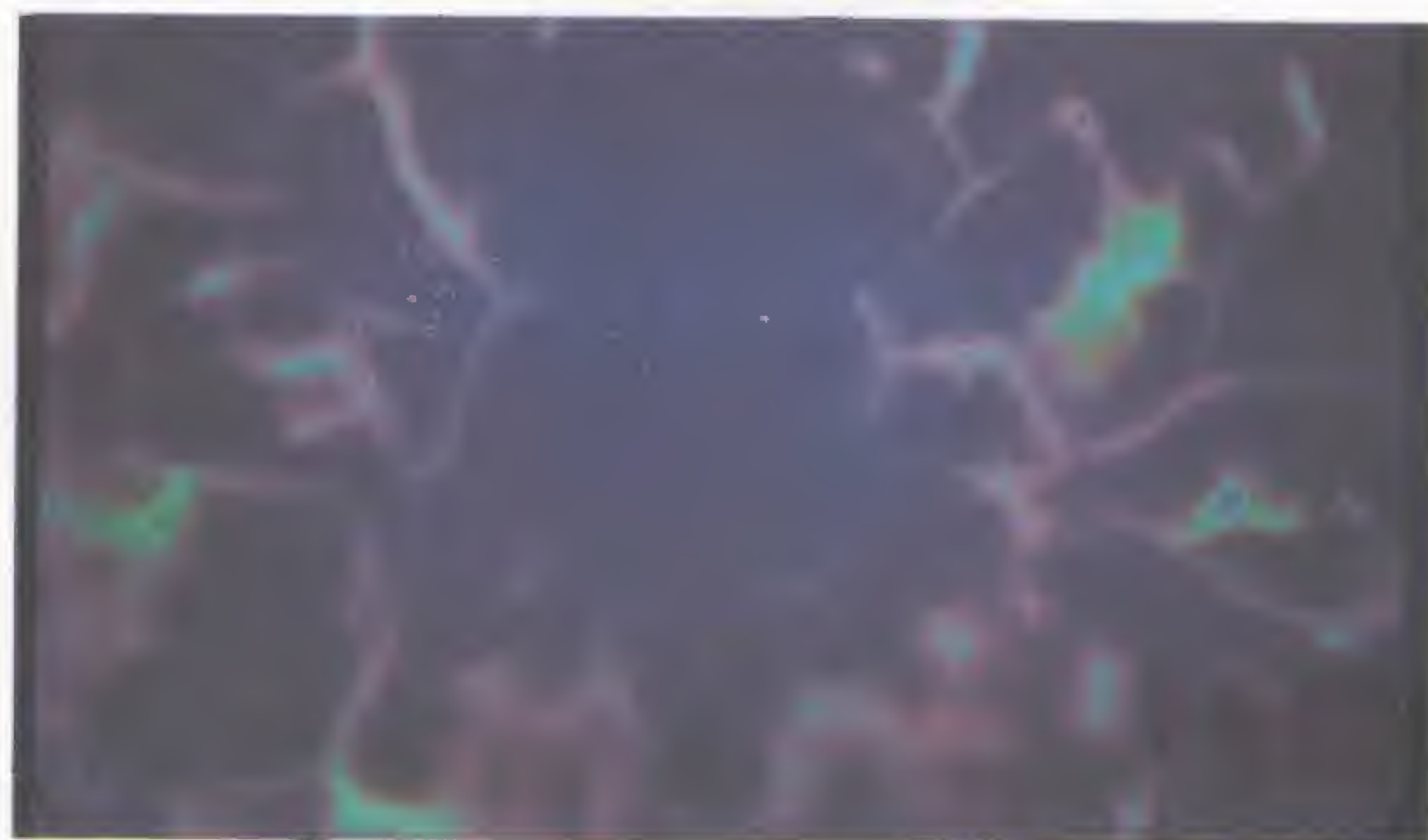


El proceso de impresión no está aún muy difundido, aunque en ciertas aplicaciones especiales, como las tarjetas de visita (la impresión se hace en relieve), pueden conseguirse efectos muy logrados.

## Reproducción de imágenes infrarrojas

El significado más importante del término termografía es el que se refiere a la producción de imágenes en las que la intensidad de cada punto es proporcional a la energía radiante emitida por un cuerpo en el punto correspondiente. Todo cuerpo caliente emite energía electromagnética en el campo del infrarrojo. La intensidad de la radiación infrarroja que es emitida por un cuerpo depende de su temperatura. Los cuerpos dejan de emitir todo tipo de radiaciones sólo en el caso de que estén totalmente fríos, es decir, en el caso de que se hallen en el cero absoluto, que es una temperatura equivalente a  $-273,15$  grados centígrados. La radiación infrarroja tiene las mismas características que la radiación visible, que es percibida por nuestros ojos, pero la longitud de onda de la radiación visible está comprendida entre cuatro y siete diezmilésimas de milímetro; la longitud de onda de la radiación infrarroja oscila entre 7 diezmilésimas de milímetro y un milímetro. El cuerpo humano emite radiaciones de longitud de onda próximas a las 10 milésimas de milímetro. Hay que tener presente que la longitud de

La termografía constituye un valioso instrumento para diagnóstico en medicina. Asociada con la mamografía, incrementa las posibilidades del diagnóstico precoz del cáncer de mama. En el termograma, las variaciones térmicas se indican mediante variaciones en el color. En esta página, termografía "de contacto": la placa termográfica (arriba) se aplica en intervalos sucesivos sobre los cuadrantes mediales y laterales de las mamas. En el centro, a la izquierda, típica imagen *en estrella* determinada por la convergencia de tres vasos hipertérmicos, señal evidente de estado patológico; a su derecha, cuadrante medial de la mama izquierda: se aprecia una coloración hipertérmica intensa (verde-azul) de contornos destellantes, determinada por un vaso patológico. Al lado, termografía de tórax sin alteraciones patológicas.



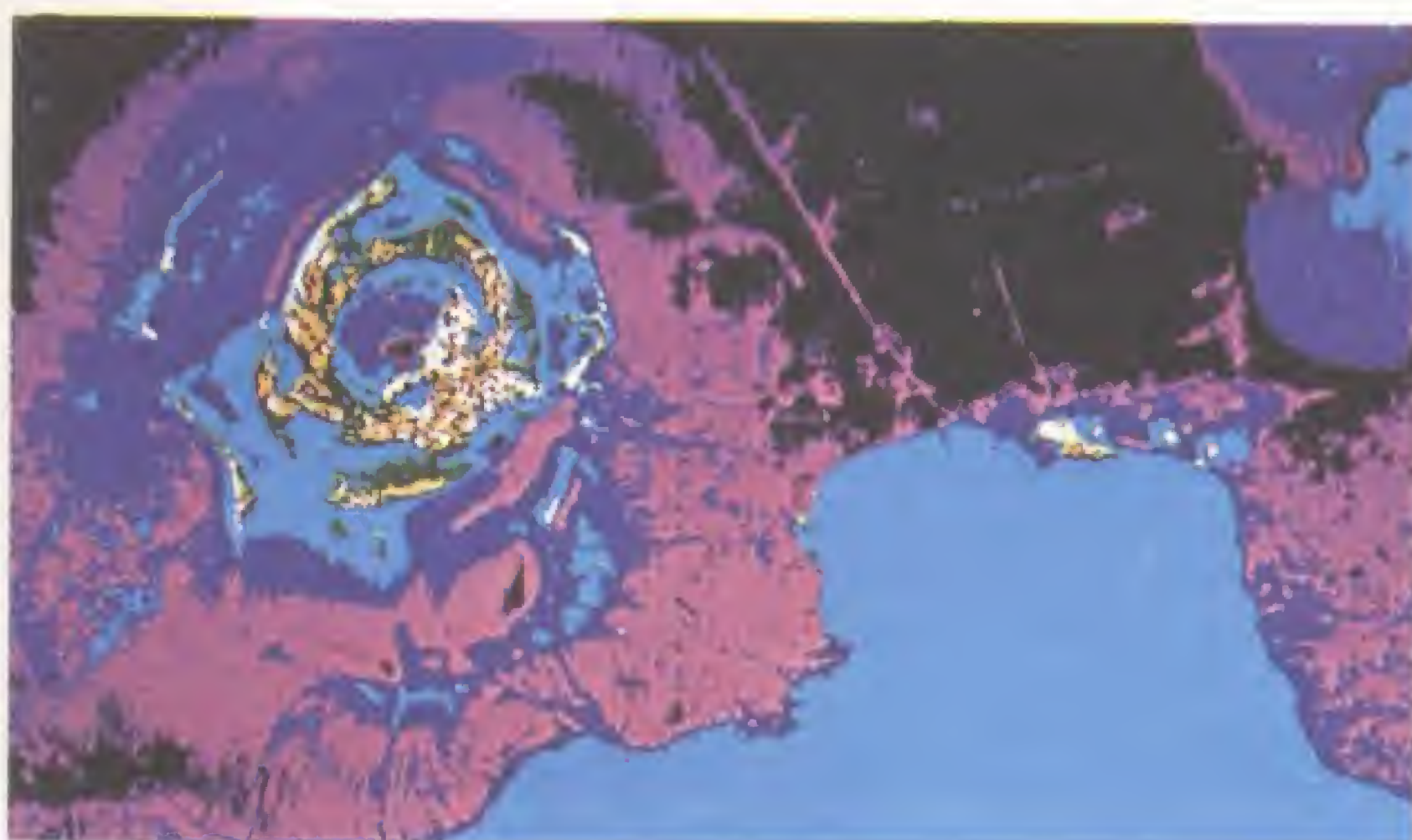




La termografía puede aplicarse fácilmente en el campo de la inspección geológica mediante un analizador aéreo;

permite descubrir la presencia de actividad volcánica y de posibles focos de incendio, no apreciables de otro modo, así como las

diferencias de temperatura en las masas de agua. A la izquierda, isla de Vulcano y, abajo, su termografía.



onda es mayor en las zonas del organismo que están frías y menor en aquellas más calientes. La longitud de onda de la radiación emitida por los cuerpos que se encuentran a temperaturas de decenas o centenares de grados (hasta aproximadamente los  $550^{\circ}\text{C}$ , en los que comienzan a emitir luz visible) está comprendida entre diez milésimas de milímetro y un milímetro. Estos cuerpos tan calientes pueden ser observados por medio de un objetivo transparente al infrarrojo, o bien con lentes de germanio, obteniéndose una imagen que puede ser velozmente analizada mediante un sensor de radiación infrarroja. La señal eléctrica que sale de este sensor determina la intensidad de un haz electrónico en un tubo de televisión y produce una imagen que es más luminosa en las zonas en las que el cuerpo emite más radiación infrarroja, es decir, en las zonas más calientes. También es posible hacer pasar la señal por un ordenador y conducirla a un tubo de televisión en color, donde las variaciones térmicas se indican mediante variaciones en el color; con tonos rojos y amarillos se representan las partes más calientes y con tonos azules las más frías.

**Termografía médica** Para realizar termografías del cuerpo humano se aplica el principio ya descrito, aunque es necesario utilizar un sensor de mayor sensibilidad. Se obtienen así imágenes en las que es posible establecer diferencias de temperatura en la piel de hasta una fracción de grado mediante sensibles variaciones del color. Esto reviste una gran utilidad en el diagnóstico de enfermedades que provocan variaciones en la circulación sanguínea y, en consecuencia, en la temperatura superficial de la piel. Entre éstas encontramos la isquemia, incluso la local, las trombosis, trastornos circulatorios ocasionados por un estrechamiento de las arterias importantes, y los tumores, que alteran la circulación en torno al lugar en el que se han implantado. La termografía médica se ha revelado particularmente útil

en el de diagnóstico de los tumores de mama.

Los aparatos para la termografía médica se componen de un instrumento de filmación, parecido a una gran cámara cinematográfica, y de una pantalla sobre la cual aparecen los contornos de la figura del paciente y las curvas que delimitan las zonas de idéntica temperatura.

**Otras aplicaciones** El análisis termográfico de la superficie terrestre, llevado a cabo desde un avión, permite revelar la presencia de actividad volcánica, posibles fuegos en las minas de carbón abandonadas, animales escondidos en la oscuridad, plantas enfermas o zonas incendiadas bajo nubes de humo. Es posible, ade-

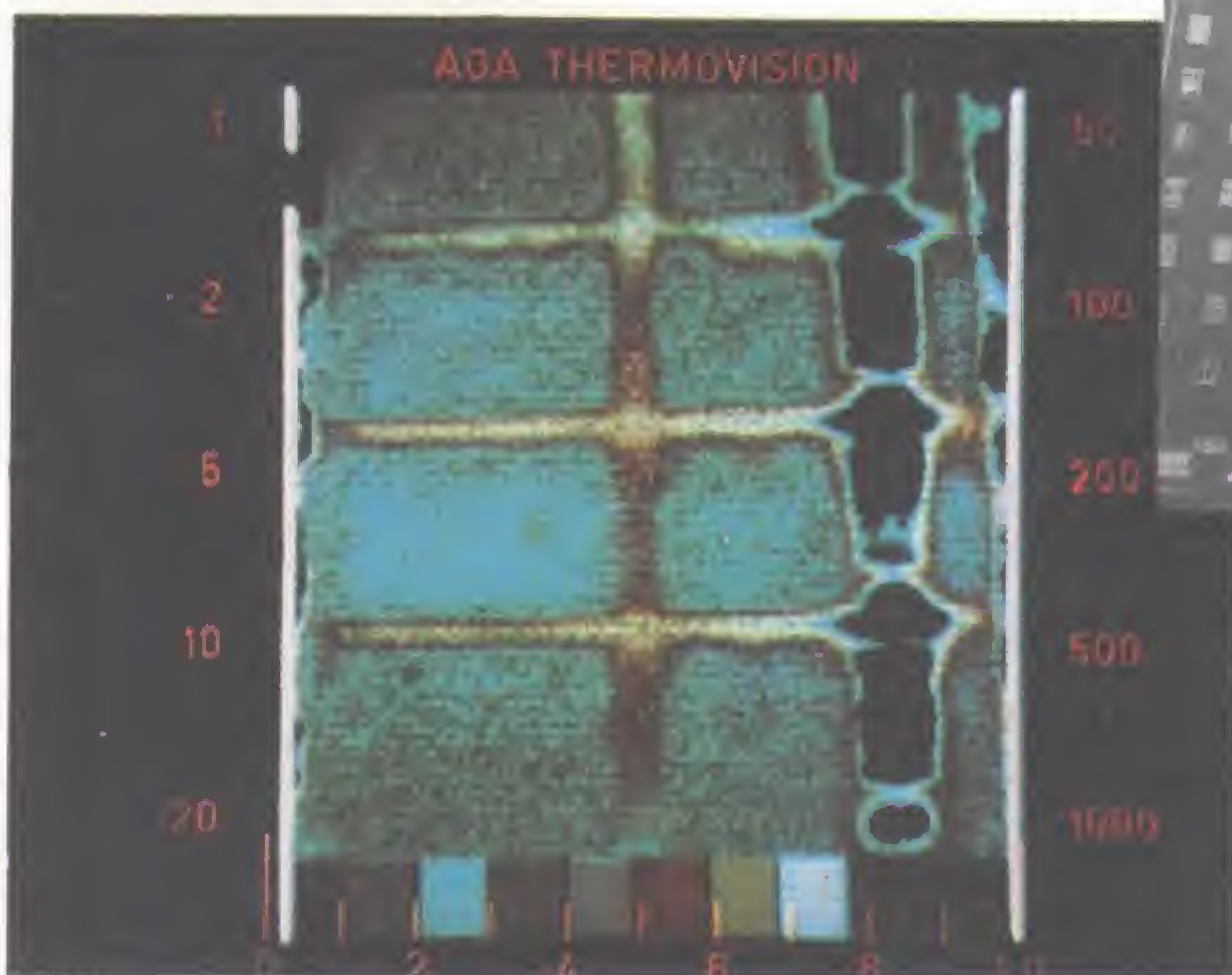
más, conocer las distintas temperaturas superficiales de las masas de agua, obteniendo así informaciones sobre las corrientes, sobre los límites entre el agua dulce y el agua salada y sobre la contaminación.

Entre las aplicaciones de la termografía se encuentran el descubrimiento de zonas anormalmente calientes en las instalaciones eléctricas, así como las pérdidas de calor en el interior de edificios. Los defectos de construcción de las calderas pueden también ser percibidos al detectarse temperaturas más altas en los puntos débiles.

Véase **Calor**

A través de la termografía es posible analizar e individualizar zonas de dispersión térmica en un edificio. Abajo, un ejemplo de esta aplicación en una casa. De este registro térmico resultan

evidentes la estructura del edificio examinado, sus vigas y pilastras, así como las dispersiones térmicas debidas a estructuras e instalaciones de calefacción insuficientemente aisladas.





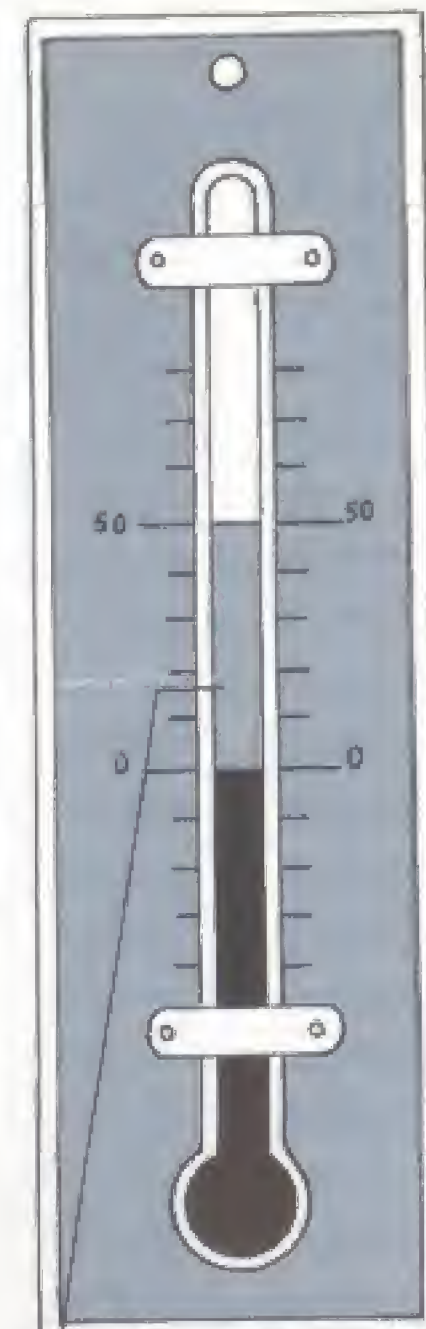
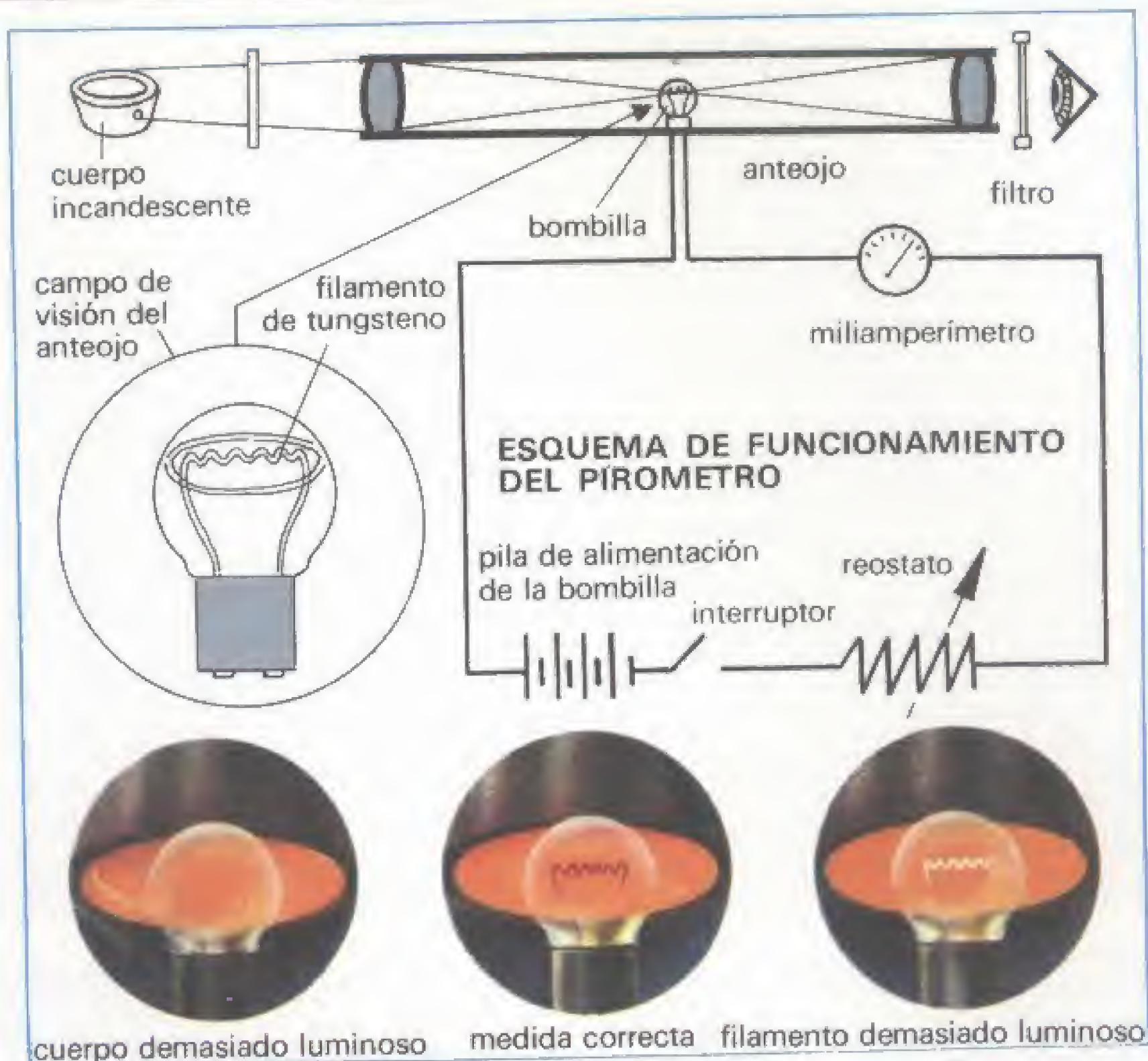
# Termómetro

**E**l termómetro se ha convertido hoy en día en un instrumento familiar y de uso común, hasta el punto de que el acceso a datos termométricos (locales, nacionales e incluso internacionales) se ha convertido en un acto tan rutinario como consultar la hora en un reloj. Sin embargo, esto no ha sido siempre así, y durante muchos siglos, el único termómetro de que dispuso el hombre fue su sentido del tacto.

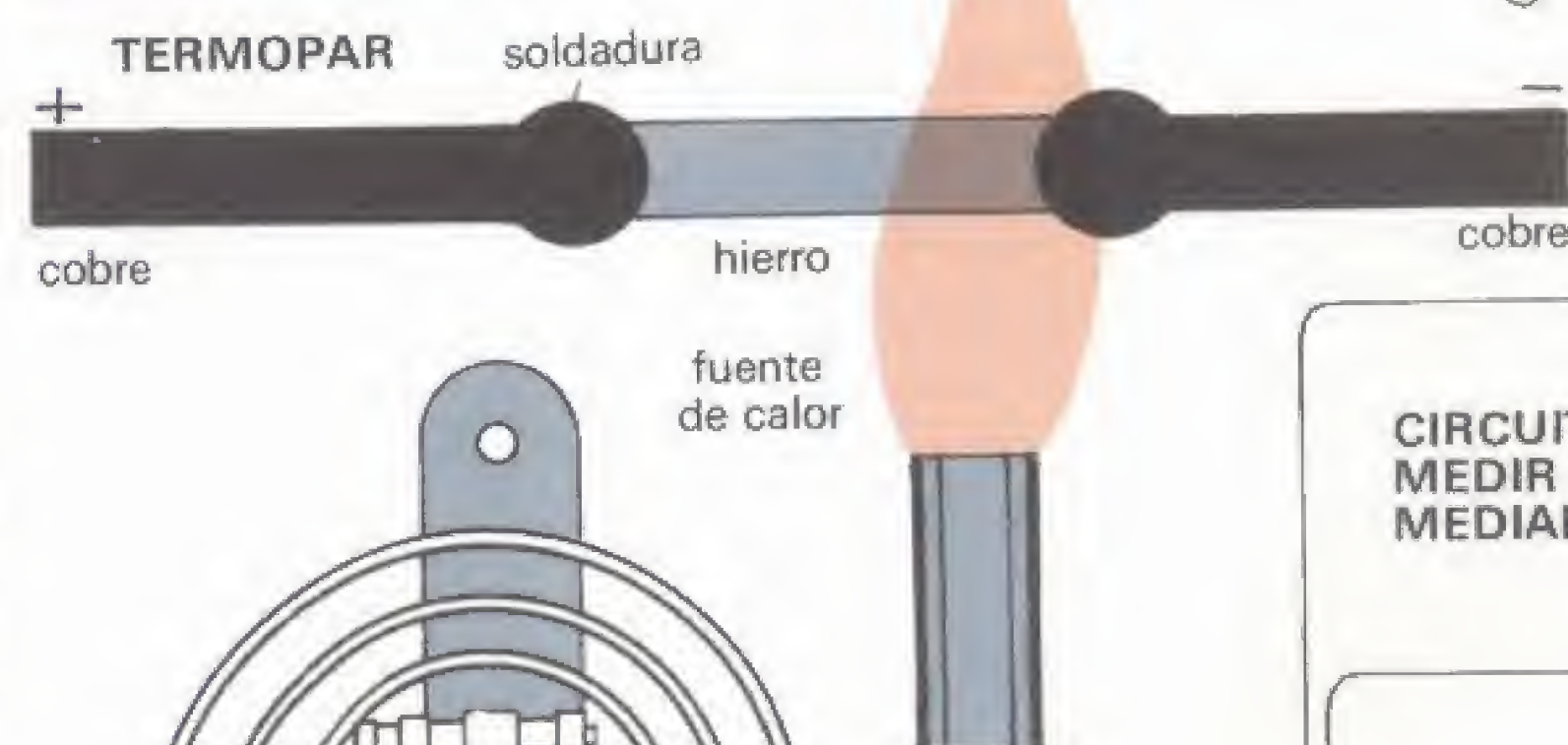
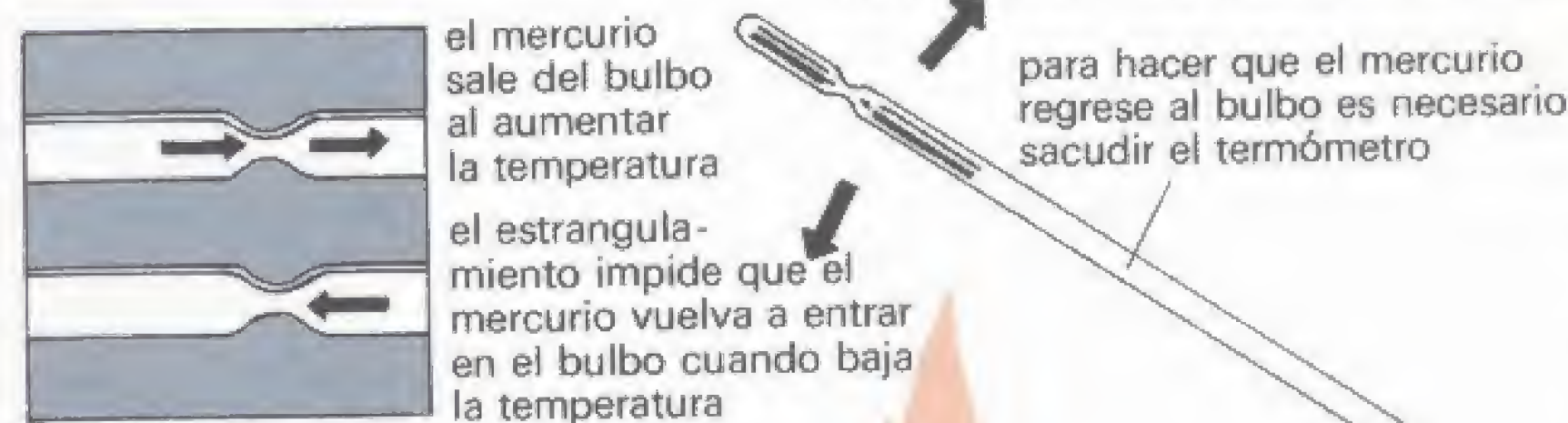
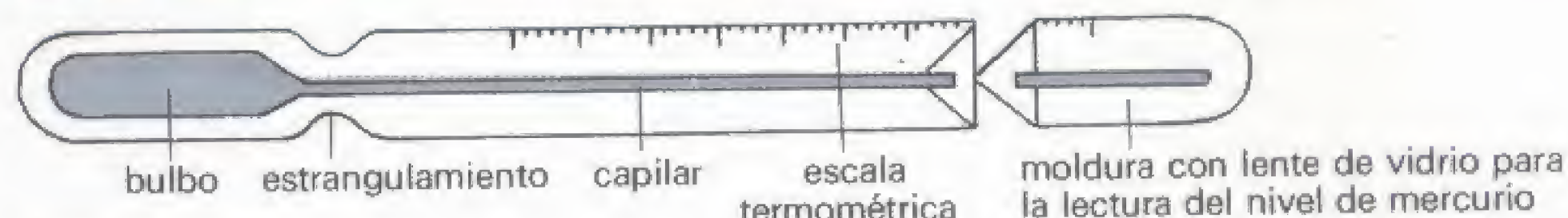
**Los primeros termómetros** En 1592, Galileo Galilei aplicó el conocido principio de la dilatación de los cuerpos por el calor con el fin de construir el primer instrumento, verdaderamente científico, capaz de medir la temperatura del aire. Este primer termómetro guardaba cierta semejanza con el barómetro que pocos años después inventaría su discípulo Torricelli. Consistía el termómetro en un delgado tubo de vidrio de, aproximadamente, medio metro de longitud, abierto por un extremo y cerrado en forma de ampolla por el otro; Galileo calentó la ampolla envolviéndola con ambas manos y, manteniendo el instrumento en posición invertida, introdujo el extremo abierto en el interior de un recipiente que contenía agua coloreada; al separar las manos, el aire de la ampolla se enfrió y se contrajo, elevándose el agua por el tubo hasta alcanzar un cierto nivel. Según los cambios de temperatura, el aire contenido en la ampolla se dilataba o se contraía y, en consecuencia, la columna de agua en el tubo descendía o ascendía, respectivamente. Sin embargo, Galileo no se preocupó de introducir una escala graduada de temperatura, de forma que su aparato debe ser calificado como un *termoscopio* más que como un termómetro.

En 1640, los miembros de la sociedad científica de Florencia construyeron el primer prototipo de termómetro moderno, basado en la dilatación de los líquidos. La ampolla y parte del tubo se rellenaron de vino, se eliminó al menos parcialmente el aire y se cerró el extremo del tubo. Como el alcohol contenido en el vino es más sensible que el aire (utilizado por Galileo) a las variaciones de la temperatura, la precisión de las medidas mejoró sensiblemente. Durante el siglo XVII, un gran número de estos instrumentos fueron fabricados en dicha ciudad, haciéndose hasta tal punto populares que, a finales del siglo pasado, el termómetro común era conocido como *termómetro de Florencia*.

**Termómetros de mercurio** Durante el siglo XVIII se eligieron diversos puntos fijos para determinar las diferentes escalas termométricas, consiguiéndose, de esta forma, uniformar y hacer comparables las medidas realizadas con distintos termómetros. Otro importante progreso, que también data de ese siglo, consistió en la sustitución del termómetro de alcohol por el de mercurio. La facilidad para obtener el mercurio en estado puro, su estabilidad y, principalmente, el hecho de ser un buen conductor del calor —por lo que alcanza-



expansión del mercurio por efecto del calor



**CIRCUITO ELECTRIC PARA MEDIR LA TEMPERATURA MEDIANTE UN TERMOPAR**



**TERMOMETRO DE LAMINA BIMETALICA**



lámina bimetálica



ba rápidamente el punto de equilibrio con el medio ambiente— hicieron del termómetro de mercurio un instrumento imprescindible en cualquier laboratorio.

En nuestros días, el termómetro estándar está constituido por un bulbo de vidrio, lleno de mercurio, que se prolonga en un tubo capilar, fino y uniforme, cuya pequeña sección contribuye eficazmente a que las pequeñas variaciones de temperatura ocasionen grandes desplazamientos del mercurio, contenido en el bulbo, a lo largo del capilar, mejorando la precisión de la medida, pero dificultando su lectura. Por ello, el sistema bulbo-capilar suele encerrarse en el interior de un tubo de vidrio, especialmente diseñado para que actúe como lente de aumento y facilite la visión de la delgada línea que señala el nivel del mercurio. Adosada al vidrio, se encuentra una escala convenientemente graduada y calibrada para considerar no sólo la dilatación del mercurio sino también la del vidrio que lo contiene, de forma que esta última no afecte a la medida.

En Meteorología se usan fundamentalmente los termómetros de máxima y mínima, que proporcionan las temperaturas extremas alcanzadas durante un período de tiempo determinado, generalmente, un día solar.

También se utiliza el termómetro húmedo que, junto con uno convencional, permite calcular la humedad relativa del aire.

Aunque para aplicaciones domésticas se ha extendido el uso del termómetro de

alcohol coloreado, siempre que se necesita de una medida precisa de la temperatura del aire o del cuerpo humano se recurre al de mercurio.

**Termómetros eléctricos** La dilatación térmica de los líquidos y de los gases no es la única propiedad física que se utiliza para medir la temperatura. La variación de ciertas propiedades eléctricas constituye también el principio en que se basan varios tipos de termómetros industriales y de laboratorio ampliamente utilizados. El aumento de resistencia eléctrica que experimentan los metales al paso de la corriente cuando éstos se calientan es el fundamento de los *termómetros de resistencia*. Normalmente, el metal utilizado como sensor para temperaturas comprendidas entre  $-200^{\circ}\text{C}$  y  $1.200^{\circ}\text{C}$  es el platino. La medida de la temperatura queda, pues, reducida a la de una resistencia, que se suele llevar a cabo mediante un puente de Wheatstone instalado en un dispositivo denominado *bolómetro*.

En los últimos veinte años se ha comenzado a utilizar resistencias fabricadas con semiconductores, formados a base de óxido metálico y llamados *termistores*. Además de su precisión, estabilidad y bajo precio, su principal característica es que, al contrario que los metales, su resistencia disminuye al calentarlos.

Recientemente, como consecuencia de los grandes avances realizados en la microelectrónica, han aparecido en el mercado circuitos integrados, del tamaño de

una lenteja, que al ser alimentados eléctricamente dan una medida calibrada de la temperatura del aire o del objeto con que se hallen en contacto.

**Todos los cuerpos radian** Las leyes que rigen la emisión radiactiva de los cuerpos permiten el cálculo preciso de la temperatura del objeto radiante —sin que sea preciso el contacto directo con él—, a partir de su espectro de emisión. El pirómetro óptico fue el primer instrumento que utilizó esta técnica; básicamente, consiste en una comparación óptica de una emisión patrón y la del objeto. Al ser realizada por el ojo humano, el espectro medido quedaba reducido al visible y, por lo tanto, sólo podía medir altas temperaturas.

Los posteriores avances realizados con fotodetectores han permitido ampliar el rango de medida espectral al infrarrojo, detectándose así temperaturas cada vez más bajas desde distancias cada vez mayores, y abriendo aplicaciones insospechadas para la termometría. En la actualidad, y gracias a este sistema, los satélites meteorológicos informan constantemente de la temperatura del aire y de la superficie del mar. En Medicina se realizan pruebas para medir la temperatura de las distintas partes del cuerpo, y no está lejos el día en que la temperatura de un paciente se controlará con un pequeño dispositivo instalado en el techo de su habitación.

Véase **Meteorología, instrumentos; Temperatura y escalas termométricas; Termostato; Tiempo atmosférico**

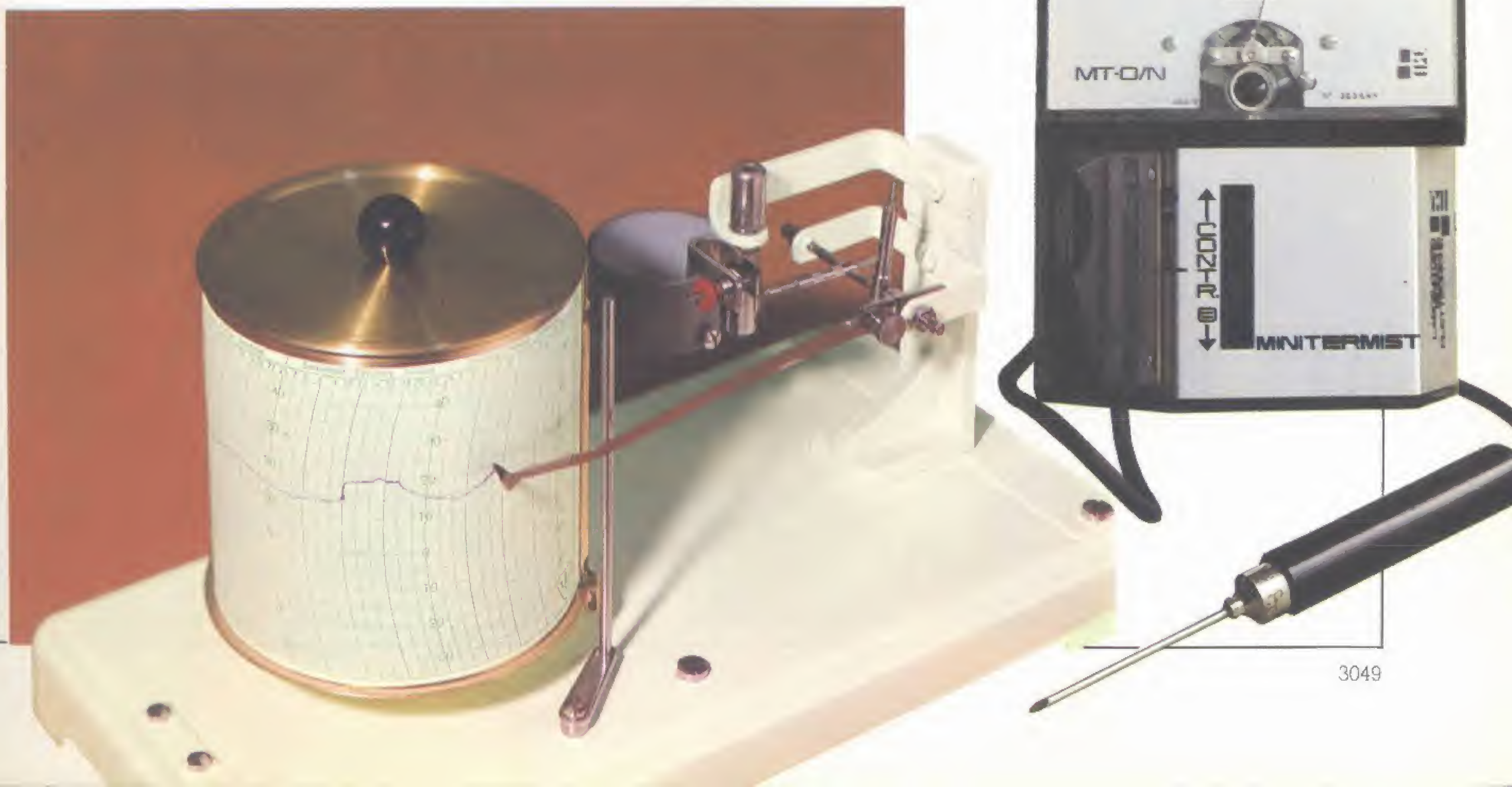
En la página anterior, arriba, esquema de funcionamiento de un pirómetro.

Mediante un anteojo, se enfoca el cuerpo cuya temperatura se desea medir, y se regula el calentamiento del filamento de la

bombilla hasta que su color sea igual al del cuerpo. Se utiliza para la medida de temperaturas muy elevadas. A su derecha y debajo, detalles del funcionamiento de un termómetro de mercurio.

En el centro, un termopar, y a su derecha, esquema del circuito eléctrico que lo integra. Abajo del todo, un termómetro de lámina bimetálica. Al variar la temperatura, la lámina se dobla hacia un lado u otro,

debido a la distinta dilatación que sufren ambos metales. Bajo estas líneas, un termógrafo (izquierda), y un termómetro de termistores (derecha), un instrumento de respuesta muy rápida, aplicable a pequeñas masas térmicas.



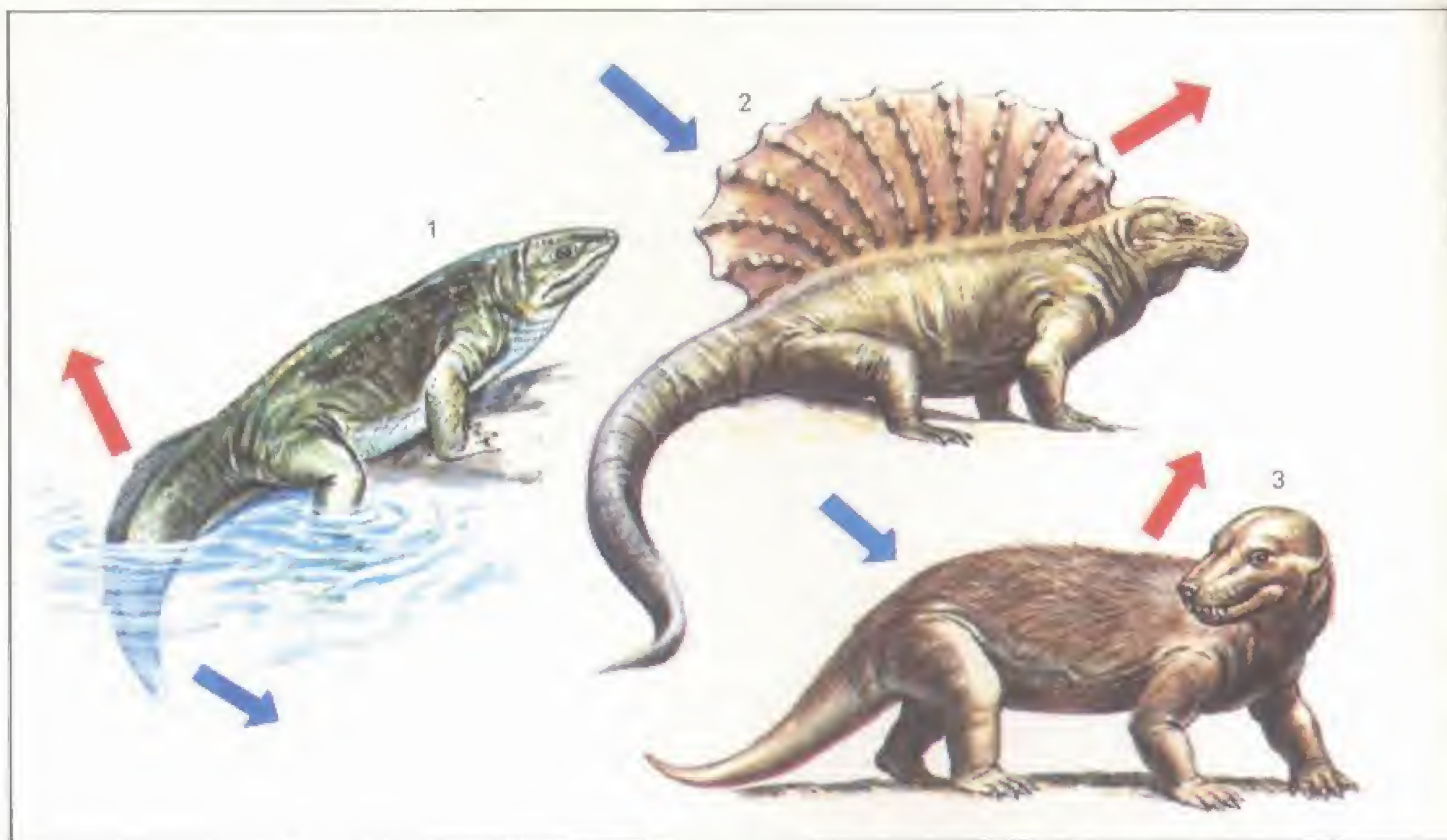


# Termorregulación biológica

**L**a cigüeña, esa gran zancuda que construye sus nidos en las torres, tiene un curioso comportamiento cuando está en el agua: sostiene su cuerpo con una sola pata, mientras que la otra la mantiene recogida y escondida entre su abundante plumaje. Este comportamiento no es más que una forma de evitar la excesiva dispersión de calor.

Una de las principales actividades de los organismos vivos es la de mantener constante un nivel óptimo de temperatura corpórea, lo que consiguen mediante mecanismos de termorregulación.

**Animales poiquilotermos** El organismo puede conservar el calor corpóreo producido por el metabolismo, pero también lo puede perder en los intercambios entre el medio interno y el externo, lo que conlleva una variación de la temperatura del cuerpo. En la mayoría de los animales, el metabolismo es bastante lento, de manera que tienen una gran dependencia del ambiente exterior. Así, tanto en los invertebrados como en los peces, anfibios y reptiles, la temperatura del cuerpo no difiere mucho de la exterior, y por eso se llaman animales de sangre fría o *poiquilotermos* (o también, *heterotermos*).



Abajo, a la derecha, velocidad metabólica basal de varias especies animales y del hombre (en amarillo) en relación con su peso y su superficie (en azul). Arriba, el

logaritmo del peso en gramos; abajo, las kilocalorías por unidad de peso que se necesitan para mantener constante la temperatura del cuerpo. En los animales de pequeña talla, el metabolismo basal es

muy alto, comparado con su peso y la superficie de su cuerpo. Arriba, el

soportar el calor del día como el frío de la noche. El *Edaphosaurus* (2) usaba la cresta dorsal con el mismo fin; por último, el *Cynognathus* (3) se servía de una ligera pelusa.

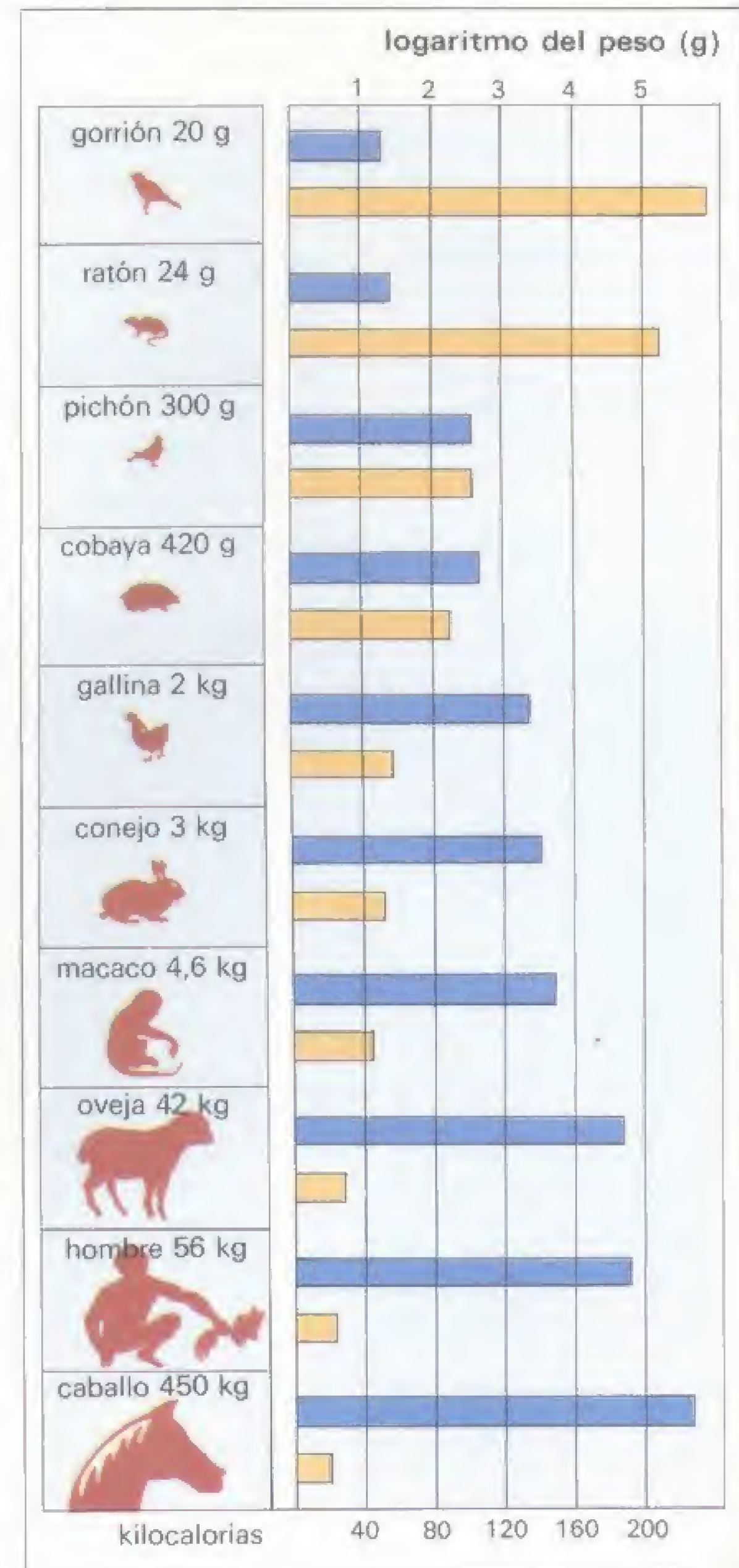


La temperatura, tanto para los poiquilotermos como para el resto de los organismos, es un factor decisivo de cara al crecimiento y a la propia supervivencia. En cada especie hay unos intervalos precisos de temperatura dentro de los cuales el animal puede desenvolver sus funciones vitales.

Los poiquilotermos, al carecer de una regulación interna de su temperatura, han desarrollado varias modalidades de adaptación, sobre todo de comportamiento. Es fácil ver a muchos reptiles, como las lagartijas, tomando el sol durante largos espacios de tiempo para mantener su temperatura a un nivel óptimo. Los reptiles de los desiertos tienen actividad nocturna, y durante el día se esconden y descansan; los peces efectúan migraciones periódicas de las aguas frías a las cálidas, y la mayoría de las especies de agua dulce para-

lizan su actividad durante la estación fría. Muchos anfibios y reptiles recurren a la estratagema de la hibernación y la estivación para no morir congelados ni sofocados por el excesivo calor.

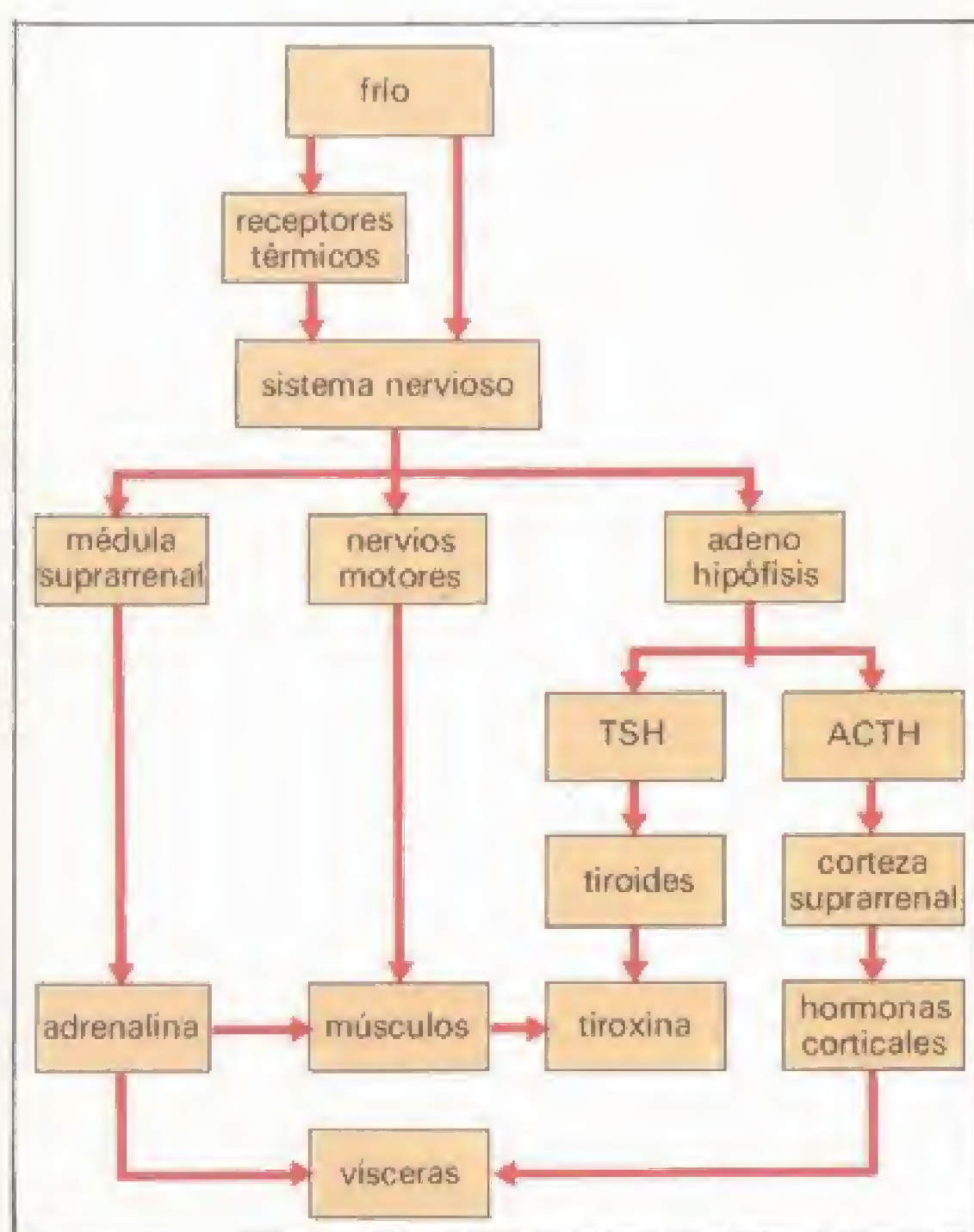
El ciclo biológico de los poiquilotermos suele depender de las necesidades de su termorregulación; frecuentemente, los estadios más resistentes de su desarrollo coinciden con los períodos en que las condiciones climáticas son más extremadas. Sin embargo, los animales de "sangre fría" también tienen a veces unos mecanismos muy especiales de regulación fisiológica. Así, los atunes mantienen la temperatura de los músculos encargados de la natación mucho más elevada que la del medio que los rodea, gracias a un intercambio de calor entre la sangre venosa, que refluye de los otros músculos y está más caliente, y la sangre procedente de





las branquias, que es arterial y está más fría. Los insectos disponen de un mecanismo análogo a la tiritona, que sirve para aumentar la temperatura de su cuerpo gracias a la actividad muscular.

**Animales homeotermos** El aislamiento que proporcionan el plumaje o el pelo permite que los animales *homeotermos* gocen de cierta independencia con respecto al ambiente que los rodea; pero lo que caracteriza principalmente a estos animales (aves y mamíferos) es que son capaces de producir y dispersar el calor, para regular su temperatura interna, de una forma muy compleja y eficaz. Los homeotermos disponen de centros nerviosos en la base del cráneo que coordinan las informaciones procedentes del organismo y actúan sobre la hipófisis. Esta glándula, a su vez, estimula, según las necesidades, determinadas funciones: así, cuando hay que producir calor, se aprovecha el azúcar del hígado para quemarlo en distintos lugares del organismo, aumentando de esta forma la temperatura interna. En cambio, si hay que disminuir el contenido de calor del cuerpo, entran en funcionamiento los sistemas de regulación de la circulación sanguínea: la vasodilata-



ción periférica y la producción de calor son algunos ejemplos de ello. El tamaño del animal tiene también mucha importancia en la termorregulación: los animales más pequeños tienen una relación superficie-volumen muy favorable de cara a las pérdidas de calor. Por eso, en los climas más fríos abundan, según se ha comprobado estadísticamente, los grupos de homeotermos de gran talla. En el caso de los mamíferos, hay una clara relación entre la reducción de los apéndices (patas, cola y orejas) y el clima frío.

Arriba, un reptil, animal de sangre fría que se aletarga durante los períodos fríos y busca refugio en oquedades naturales cuando las temperaturas son muy altas, por ejemplo en los desiertos. A la derecha, una grulla real con su típica postura de sostenerse sobre una sola pata. Esta es la forma en que duermen muchas aves precisamente para evitar la pérdida de calor. Además, tanto el plumón de muchas especies de aves como las glándulas sebáceas de las aves acuáticas constituyen unos excelentes aislantes para conservar el calor y mantener, lo más constante posible, la temperatura de sus cuerpos. A la izquierda de estas líneas, las respuestas de tipo nervioso y hormonal de un organismo frente al estímulo del frío. En la página anterior, en el centro, a la izquierda, comparación entre la eficacia de los mecanismos de termorregulación de tres especies animales: un reptil, un mamífero primitivo y un gato. Los histogramas indican (en °C) la variación de la temperatura interna (abscisas) en relación con la externa (ordenadas).





# Termostato

**E**l termostato es un aparato que se aplica a una fuente de calor con el objeto de regular la temperatura. Está compuesto por dos elementos: un sensor y un órgano de mando. Ambos elementos permanecen conectados mediante una unión mecánica de transmisión de órdenes.

**Controlar la temperatura** El órgano de mando, que puede ser eléctrico, neumático o hidráulico, regula el proceso de calentamiento o enfriamiento, corrigiendo las desviaciones que se producen respecto a una temperatura fijada previamente.

La parte del termostato sensible al calor recibe el nombre de "sensor". Muchos sensores se basan en la dilatación de los

cuerpos debida al aumento de la temperatura. En algunos radiadores se aprovecha la expansión del líquido contenido en un tubito para controlar la entrada de agua caliente o de vapor en el radiador. Cuando la temperatura ambiente supera un valor prefijado, que puede ser 20 °C, el líquido se expande hasta actuar sobre una palanca que, a su vez, cierra la válvula de entrada. Cuando la temperatura vuelve a bajar de 20 °C, el líquido se contrae, la palanca vuelve a su posición inicial y el fluido caliente vuelve a entrar en el radiador. En algunos casos, el líquido del sensor está dentro de un fuelle dilatible que se extiende y contrae en acordeón, actuando sobre el dispositivo de control.

**Tipos de sensores** Los sensores de líquido antes mencionados son relativamente simples. Un tipo de sensor más sofisticado y práctico es el sensor bimetálico, que patentó en Escocia, en 1830, Andrew Ure. Está formado por una barra compuesta por dos láminas de metales distintos soldadas entre sí. Un extremo de la barra está sujeto a un soporte mientras que el otro queda libre. El principio de funcionamiento de la barra bimetálica se basa en que uno de los metales que la componen tiene un coeficiente de dilatación térmica mayor que el del otro. Al estar soldados, el diferente grado de dilatación induce una flexión de la barra. Al flexionarse, el extremo libre toca un contac-

El termostato se utiliza en los sistemas de calefacción y refrigeración con el fin de controlar la temperatura. Por ejemplo, en el caso de la calefacción,

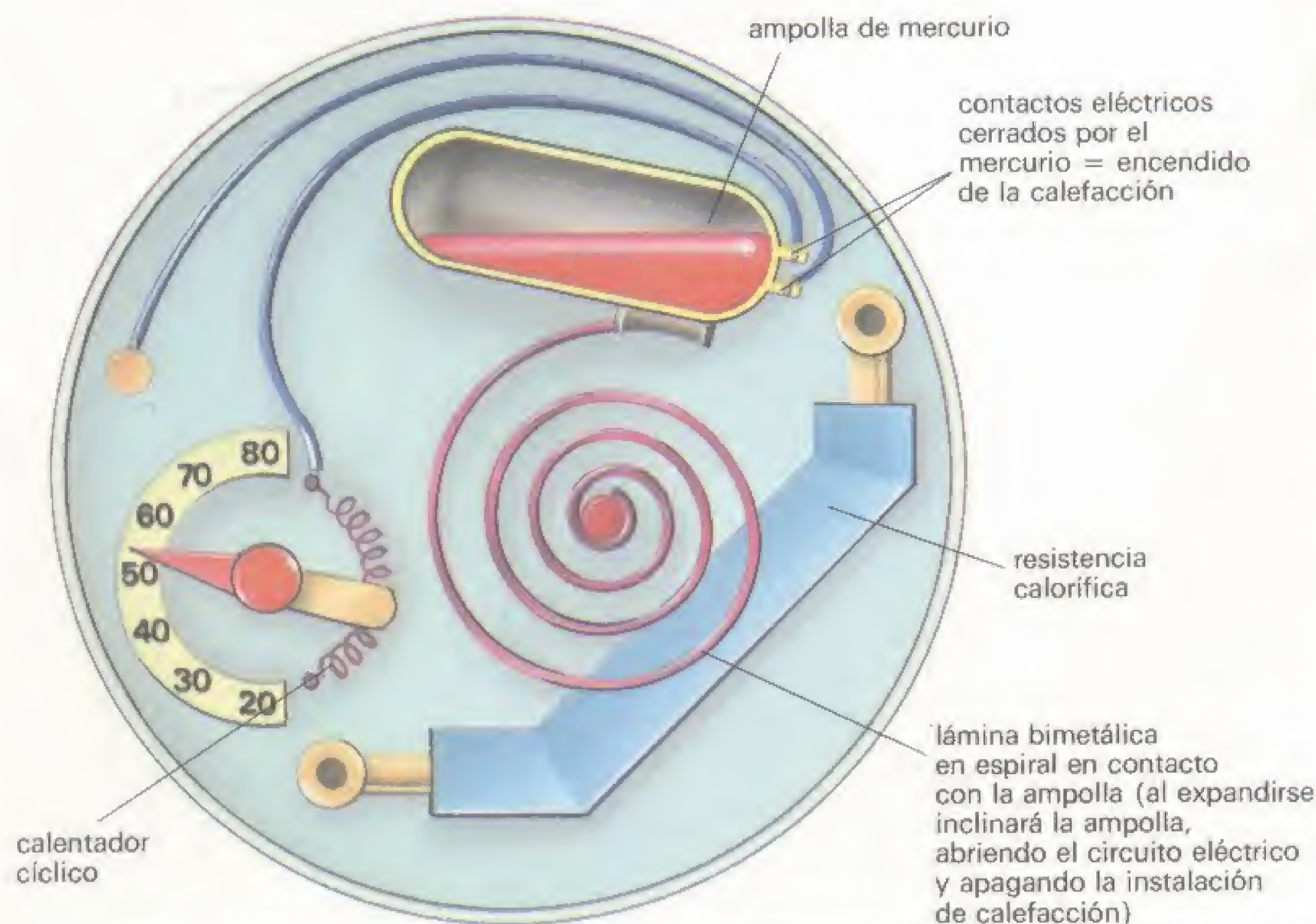
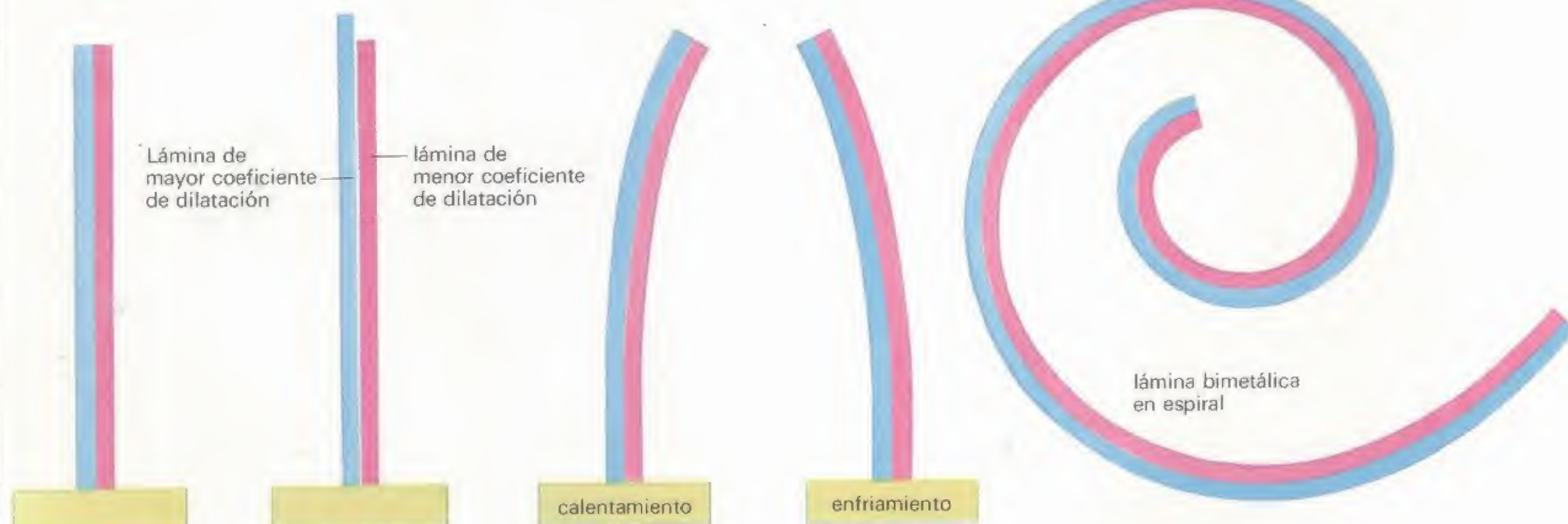
interrumpe la acción de la caldera cuando la temperatura supera un valor prefijado. Para conseguirlo, se emplea a menudo una placa bimetálica, cuyo funcionamiento se

ilustra aquí debajo. A la izquierda se pueden ver las dos láminas metálicas juntas que, a una determinada temperatura, tienen la misma longitud. Si la temperatura aumenta,

las dos láminas, que están juntas pero no unidas, se dilatan, aunque la de la izquierda, al tener mayor coeficiente de dilatación, se dilata más. En cambio, si las

dos láminas están soldadas (en el centro), su diferente coeficiente de dilatación las obliga a doblarse. La flexión es hacia la derecha si se calientan y hacia la izquierda si se enfrían.

Para conseguir una sensibilidad mayor se emplean láminas bimetálicas largas y enrolladas en forma de espiral, que se cierra o se abre según varíe la temperatura.



Para conseguir una mayor efectividad en el control térmico de un local, se suele recurrir al empleo de un dispositivo que, aun funcionando la caldera, produce un ligero calentamiento destinado a anticipar el momento en que ésta se desconecta.

De esta forma, el calor, que inevitablemente seguirá llegando al local, debido a que la caldera tarda un cierto tiempo en enfriarse totalmente, servirá para alcanzar exactamente la temperatura deseada, sin por ello sobrepasarla.

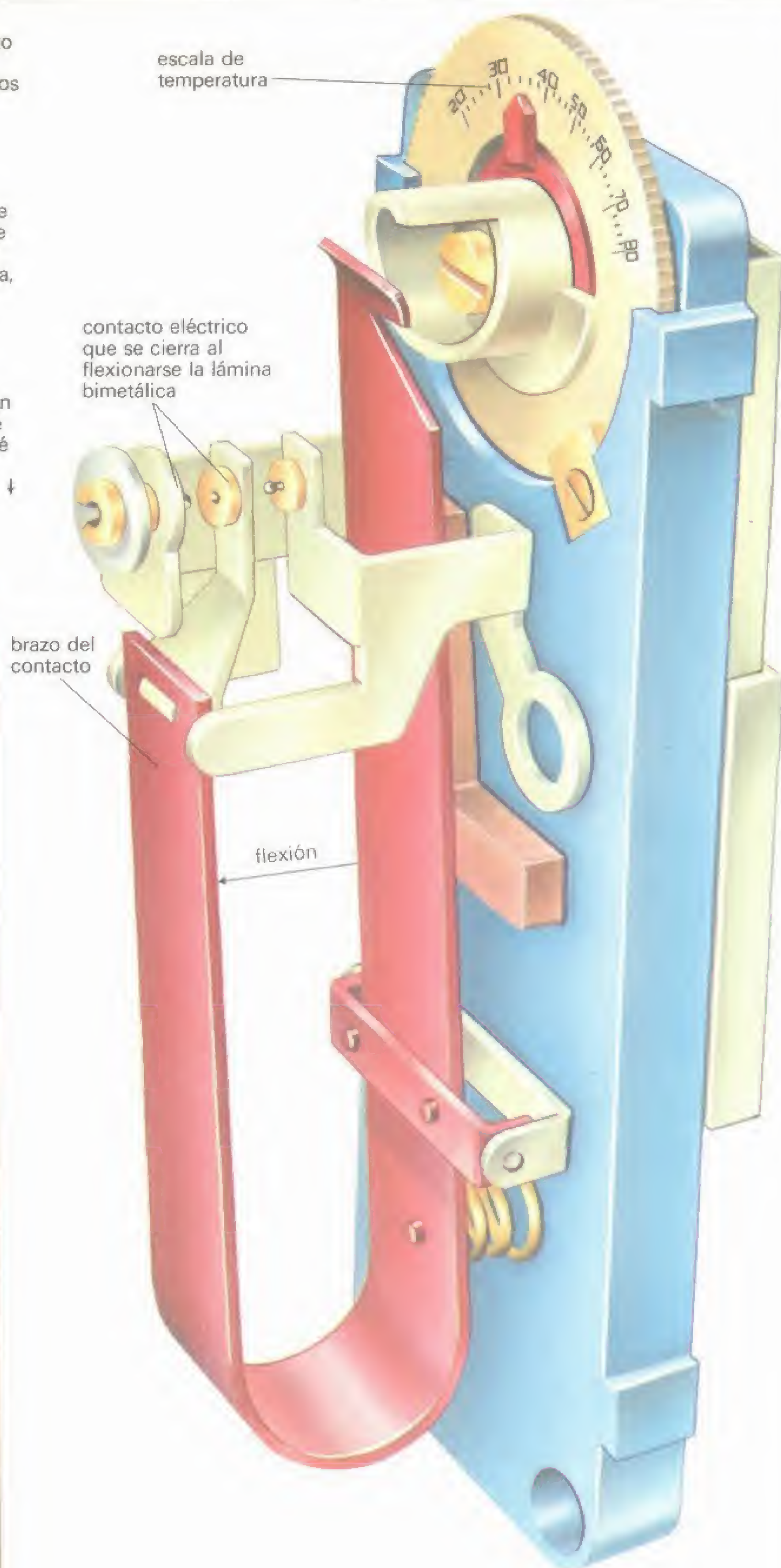
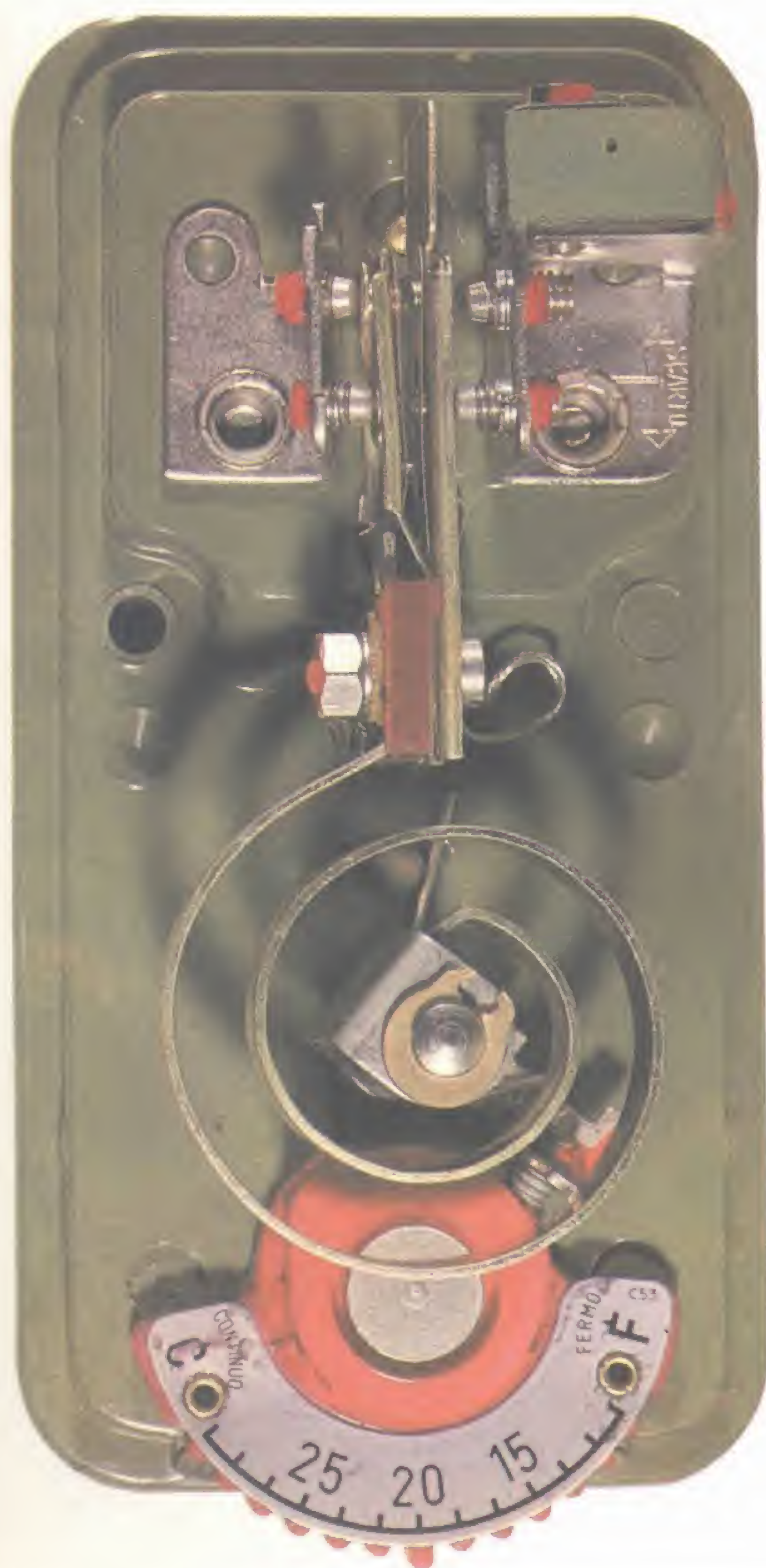
to eléctrico, cerrando un circuito eléctrico que, a su vez, enciende o apaga el sistema de calefacción o refrigeración. Cuando la señal de control se genera a través de una fuente de energía distinta (como la electricidad), se dice que el termostato es de acción indirecta. Las variaciones de temperatura también se pueden detectar con sensores eléctricos cuya resistencia varíe en función de la temperatura. Estas variaciones de resistencia se pueden medir eléctricamente y utilizar para activar los dispositivos de control.



**El termostato moderno** El termostato más habitual en los aparatos de uso doméstico suele utilizar, como sensor, una barra bimetalica en forma de espiral, como el muelle de un reloj. Cuando la temperatura ambiente desciende por debajo del valor deseado, la espiral se enfría y se cierra. Esta contracción provoca la inclinación de una pequeña ampolla unida a ella y llena, hasta la mitad, de mercurio. En uno de los extremos de la ampolla están sumergidos dos contactos eléctricos, que cierran el circuito que gobierna el encendido de la calefacción cuando los toca el mercurio al desplazarse sobre ese lado.

El mismo circuito eléctrico alimenta también una pequeña bobina conductora

En esta página, dos ejemplos de termostato para regular la temperatura en aquellos ambientes con sistemas de calefacción o refrigeración artificiales. En el termostato de abajo se puede ver la espiral de lámina bimetalica. En cambio, en el de arriba, la lámina bimetalica tiene forma de U. En ambos casos, el movimiento de la lámina bimetalica provoca la interrupción de la corriente, que se amplificará con un relé para controlar los



aparatos de la instalación. Un índice móvil o el giro de un pequeño disco graduado fijan la temperatura deseada. El uso del termostato contribuye en gran manera a economizar energía, ya que, al mantener una temperatura ambiental fija, evita el derroche innecesario de calor. Su empleo se ha hecho prácticamente habitual en todos los aparatos domésticos.

situada en el interior del termostato, llamada "calentador cíclico". Esta bobina radia una pequeña cantidad de calor, lo suficiente como para dilatar la espiral bimetalica más rápidamente de lo que lo haría por efecto exclusivo de la temperatura ambiente. La espiral se extiende de nuevo haciendo que gire la ampolla hasta que, al interrumpirse el circuito, se apaga automáticamente la caldera.

Véase Calefacción central; Termómetro



# Terpeno

La vitamina A y la molécula productora del característico aroma de pino tienen algo en común: ambos son derivados terpénicos.

**Definición de los terpenos** Los terpenos son hidrocarburos, es decir, sustancias que están constituidas exclusivamente por átomos de hidrógeno y carbono. Los terpenos tienen una estructura química característica que los distingue del resto de los hidrocarburos que se encuentran libres en la Naturaleza o que se obtienen por síntesis en el laboratorio. En el interior de cada molécula de terpeno, cinco átomos de carbono están dispuestos de forma que cuatro de ellos están unidos, los

unos a los otros, constituyendo una cadena ramificada. Esta estructura base, derivada del isopreno ( $C_5H_8$ ), tiene la posibilidad de formar cadenas, pues el último átomo de carbono de la molécula puede unirse al primer átomo de otra molécula de isopreno. Puesto que la estructura isoprenica se puede unir también de otras formas, es posible formar una gran variedad de cadenas y de anillos que dan lugar a muchos tipos de terpenos. Esto no significa, sin embargo, que todos los terpenos se hayan formado a partir del isopreno. Los derivados que contienen oxígeno se llaman *terpenoides*.

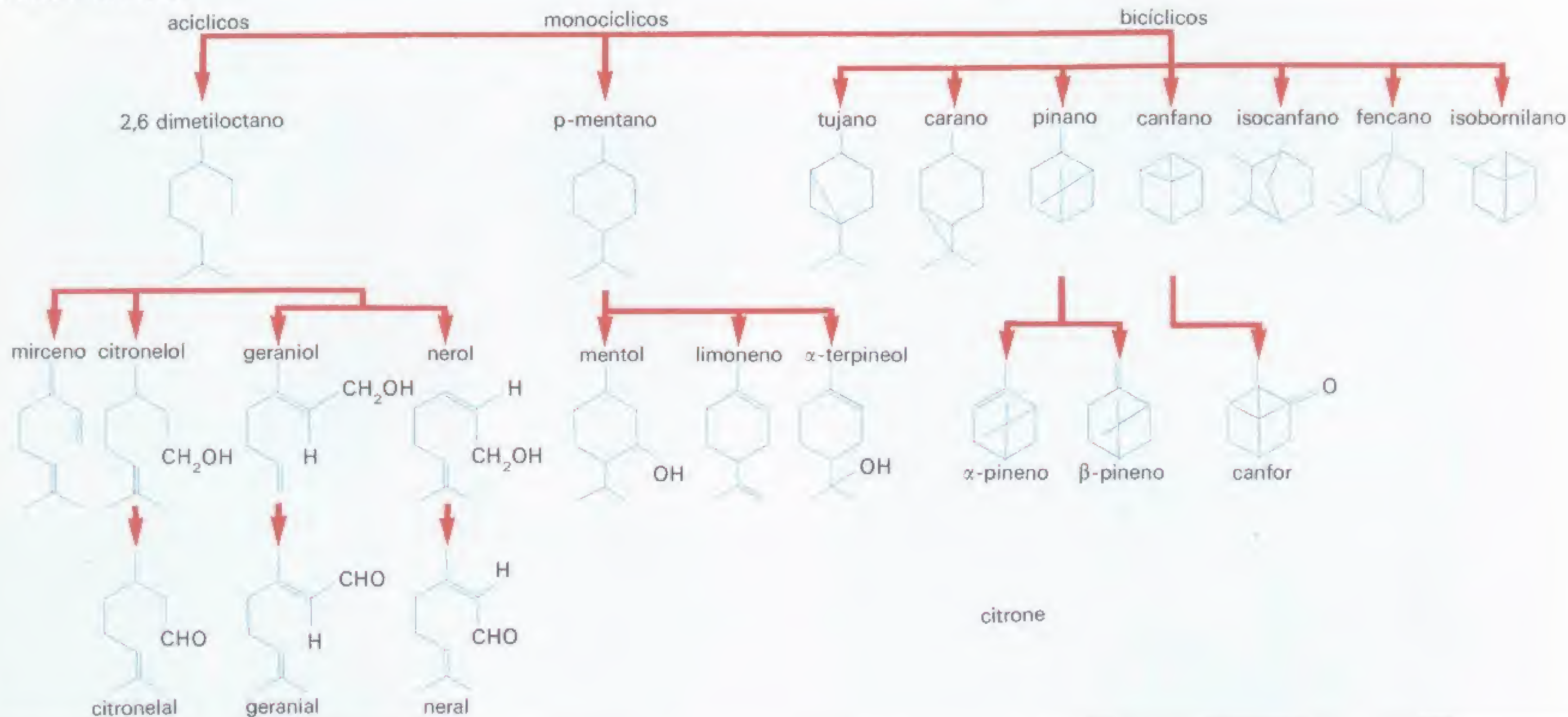
Muchos compuestos que contienen cadenas isoprenicas son utilizados como

aceites de esencias naturales o artificiales. Se obtienen, junto con sus derivados, de los aceites esenciales de muchas plantas. Algunos de éstos constituyen la colofonia, la resina endurecida con que los violinistas frotan el arco del violín para aumentar la fricción de deslizamiento.

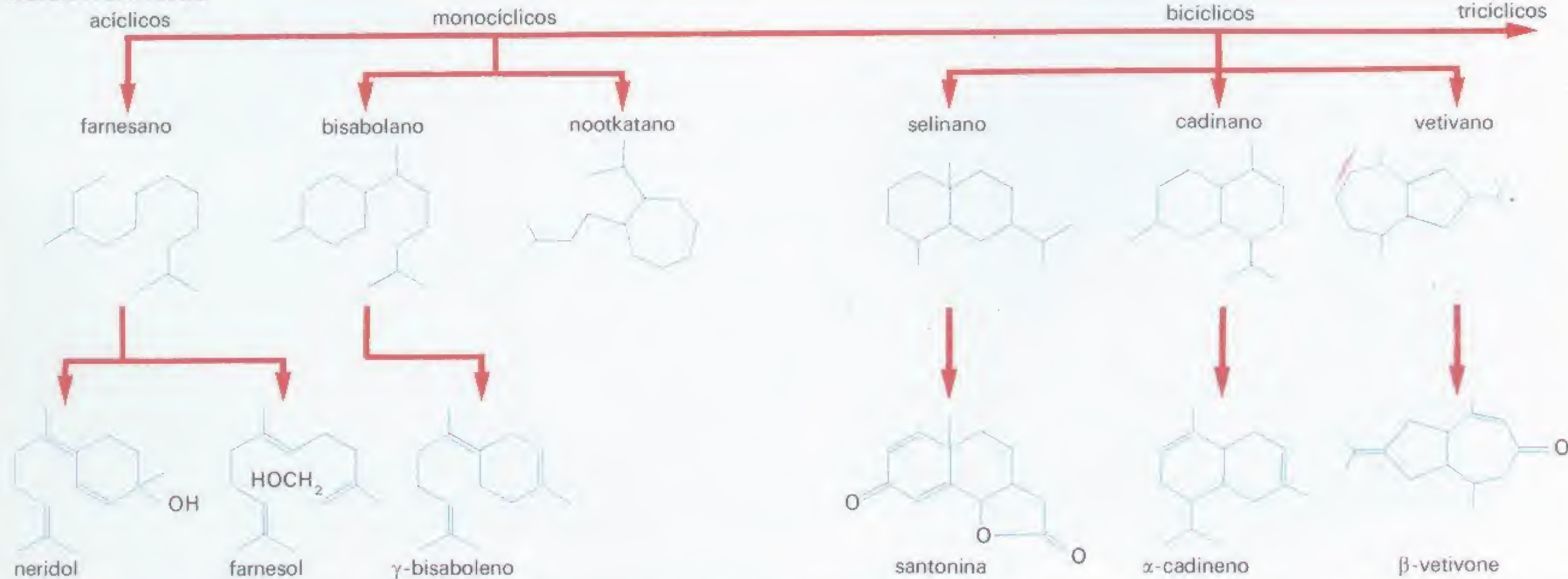
Entre las numerosas sustancias naturales que contienen cadenas de anillos complejos, llamadas *isoprenoides* o *politerpenoides*, están algunas vitaminas (A y D), diversas hormonas (cortisónicas y sexuales), pigmentos, etc. La goma natural es un polímero puro del isopreno.

**Aplicaciones de los terpenos** La esencia de trementina es un producto ter-

## MONOTERPENOS



## SESQUITERPENOS





pénico obtenido mediante la destilación de la resina de un tipo determinado de pino. La esencia de trementina (aguarrás) es utilizada como disolvente para barnices y para fabricar los canfores sintéticos y una amplia variedad de productos, como adhesivos y jabones.

Otro producto que contiene terpenos extraídos de los pinos es la esencia de pino. Puesto que las esencias de pino son agentes antibactericidas, frecuentemente son utilizados en la elaboración de jabones y detergentes. La esencia de pino puede ser también empleada como agente de flotación en ciertos procesos de obtención de minerales, cuyos compuestos "flotan" sobre una espuma de aceite de

pino, pudiendo de esta manera ser separados de la escoria.

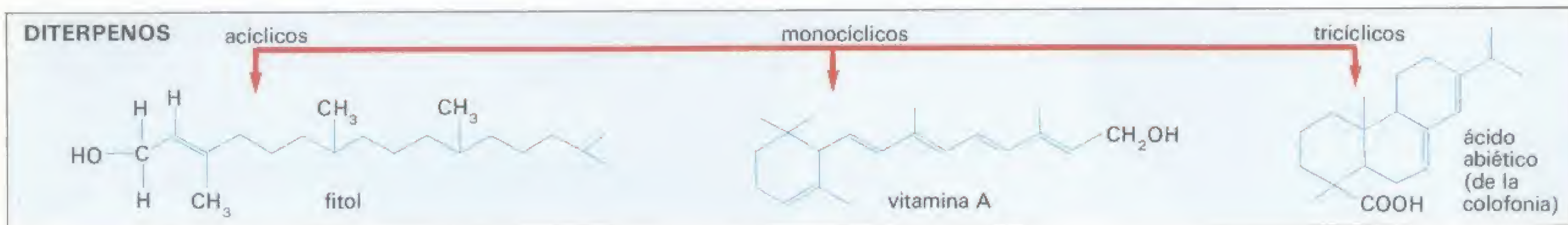
Algunos terpenos, llamados *terpineoles*, son obtenidos de los aceites esenciales de las plantas y utilizados en perfumería. Se obtienen mediante la deshidratación del hidrato de terpina, frecuentemente utilizado en medicina contra la tos. El canfor (o alcanfor) natural proviene de la madera del alcanforero (*Cinnamomum camphora*). Puesto que no se produce una cantidad suficiente de canfor natural, la mayor parte de éste es sintetizada a partir del pineno, el componente principal del aceite de trementina. El canfor es utilizado en medicina cardiotónica, en la fabricación de películas fotográficas y de plás-

ticos, como insecticida, como preventivo contra la polilla, etcétera.

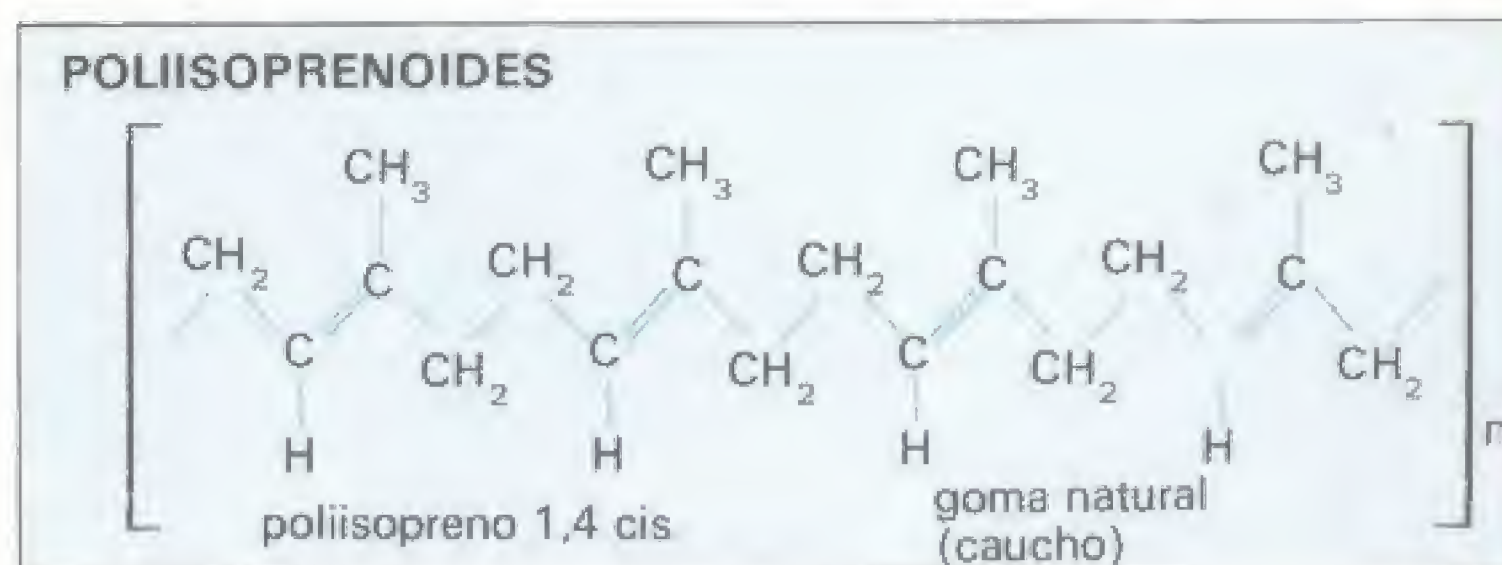
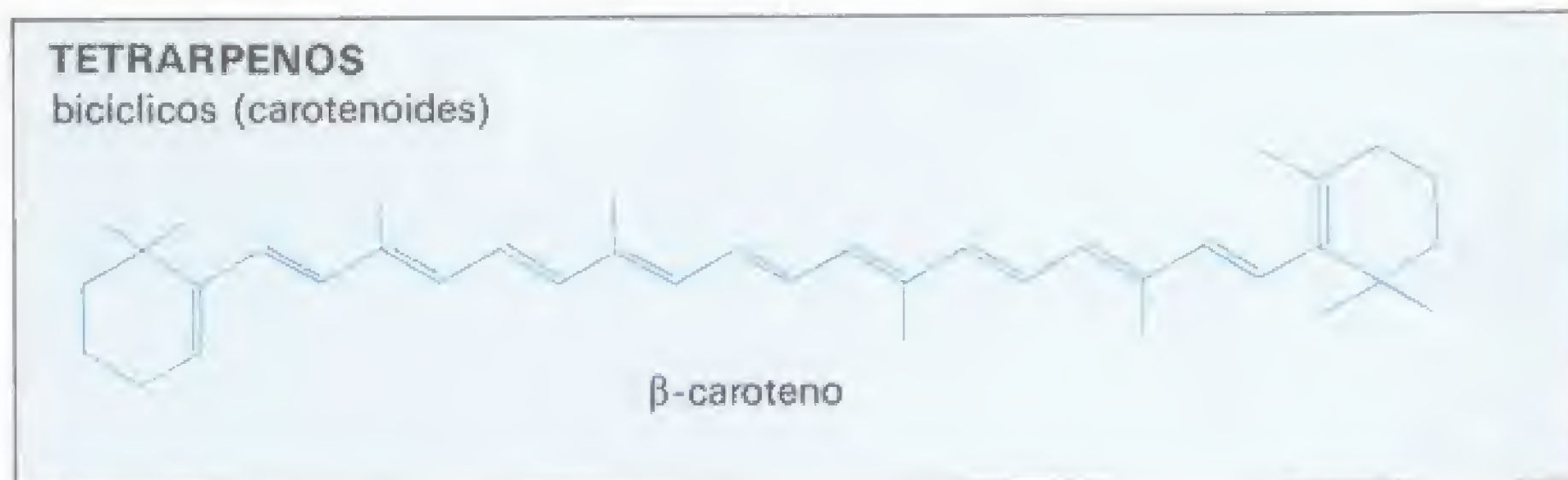
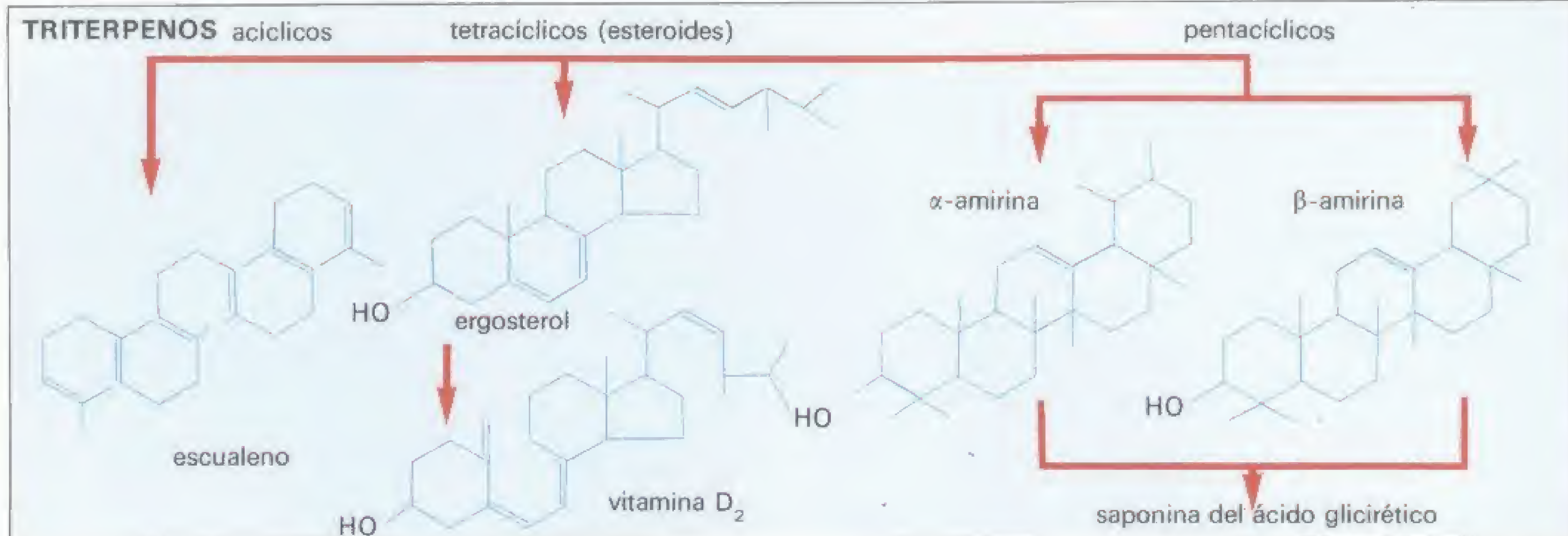
Análogamente, el mentol deriva de la planta de la menta (*Mentha piperita*), y también puede fabricarse artificialmente a partir de los terpenos. El mentol es normalmente utilizado en las lociones para después del afeitado, en los cigarrillos y, en medicina, como analgésico local, anti-séptico y antitarral de las vías respiratorias superiores.

Resultaría imposible enumerar todas las sustancias derivadas de los terpenos, así como sus numerosas aplicaciones en medicina, perfumería, etcétera.

Véase **Cosméticos; Estereoquímica; Perfume; Química orgánica**



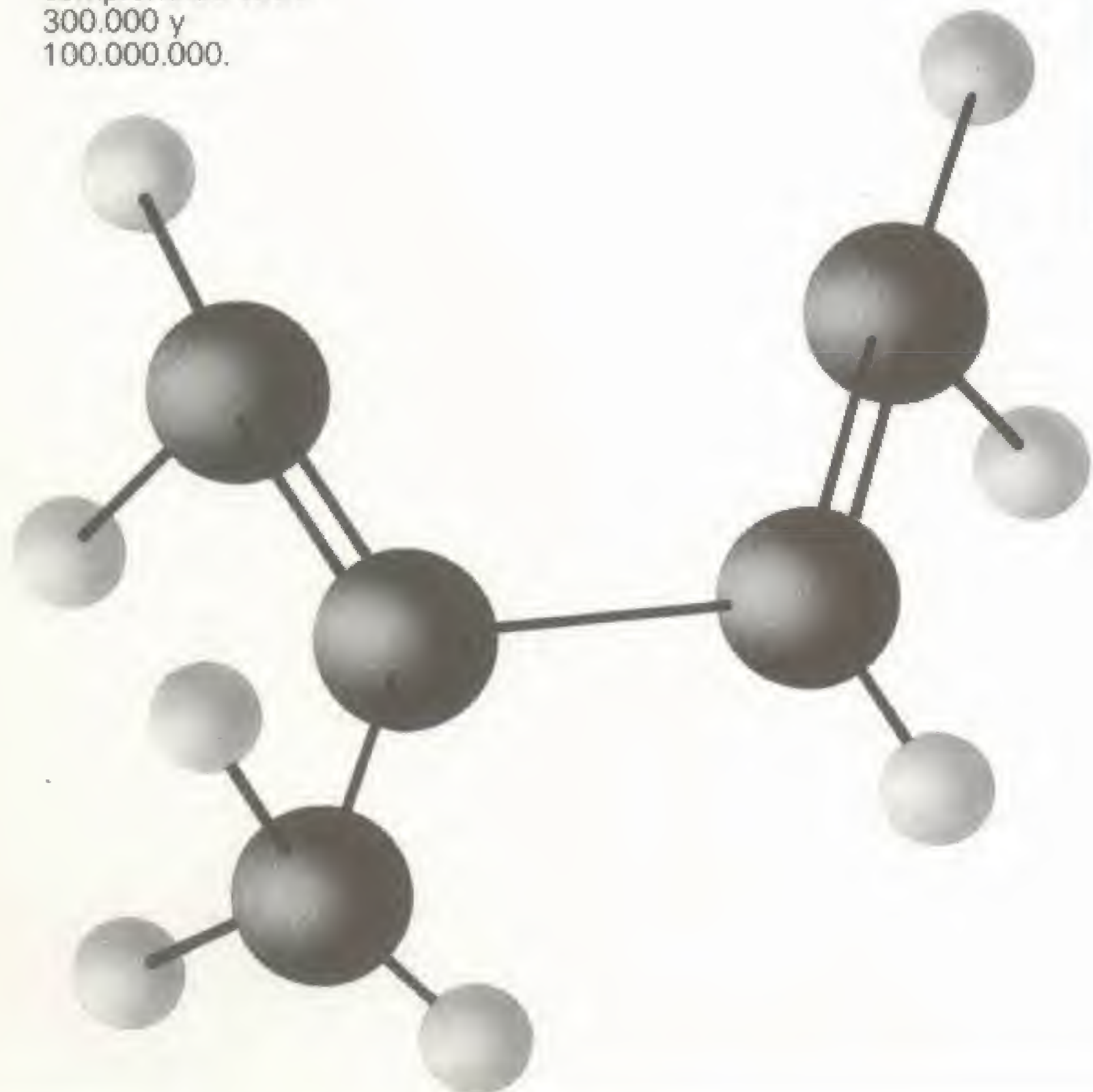
Para cada clase de compuestos existe una estructura hidrocarbúrica de base que, con la introducción de diversos grupos funcionales, da origen a las correspondientes sustancias naturales. Se puede observar que de los mono y sesquiterpenos forman parte aromas y esencias de origen estrictamente vegetal, mientras que de los diterpenos en adelante se obtienen hormonas, pigmentos, vitaminas, etc., presentes en los organismos animales. El polisopreno del caucho puede tener un peso molecular comprendido entre 300.000 y 100.000.000.



A la izquierda, estructura del isopreno, unidad base de los compuestos terpenoides. La nomenclatura química, sin embargo, toma como base de partida para todos los compuestos el terpeno, es decir, la molécula formada por dos unidades isoprénicas.

Todos los compuestos de la familia son, por tanto, clasificados como múltiplos del terpeno, con diez átomos de carbono dispuestos en cadena abierta (acíclicos) o cerrada, para formar uno o más anillos (cíclicos). Las tablas superiores son un ejemplo de la amplia gama de productos

naturales, vegetales y animales, que contienen la unidad base isoprénica. La complejidad de la familia viene dada, además de por el número de compuestos posibles, por la existencia de los estereoisómeros, que producen además otras sustancias.





# Terremoto

**A**unque el estudio empírico de los terremotos o seísmos se remonta a tiempos muy lejanos, la sismología, como ciencia de observación y de cálculo, nace en las postrimerías del siglo XIX, coincidiendo con el desarrollo de las ciencias físicas y geológicas y con el perfeccionamiento mecánico de los instrumentos, que permitió la fabricación de aparatos de detección y medida de gran sensibilidad, capaces de acusar movimientos horizontales de décimas de micra y desviaciones de la vertical de una centésima de segundo.

Según la nueva ciencia, los terremotos tienen su origen en las perturbaciones del equilibrio de las capas internas de la Tie-

rra, que generan ondas elásticas que se propagan hasta la superficie del planeta, produciendo los conocidos y devastadores efectos. Así, por ejemplo, el terremoto de Perú, acaecido en 1970, causó la muerte de más de 50.000 personas, y más de 20.000 quedaron sin hogar al ser sus pueblos completamente arrasados por la sacudida sísmica.

**Consecuencias** Las estructuras construidas en hormigón sobre un basamento de roca dura resisten mucho mejor las fuertes sacudidas que los edificios de madera o ladrillo edificados sobre terrenos constituidos por rocas poco compactas.

De todas formas, la mayor parte de los daños causados por un terremoto se debe a sus efectos secundarios, tales como los grandes desplazamientos de laderas en zonas montañosas, que destruyen los cimientos y soterran las edificaciones. En las ciudades, las vibraciones provocan la ruptura de las tuberías de conducción de agua y de gas, dando lugar a explosiones y dificultando enormemente la extinción de los incendios que surgen por doquier. Según los últimos datos, en el terremoto de 1923, que devastó las ciudades japonesas de Tokyo y Yokohama, causando la muerte de unas 140.000 personas, el 95% de los daños fue debido a los incendios.

En este estereograma se puede ver cómo las ondas sísmicas tienen su origen en un hipocentro profundo (en este caso se supone situado a unos 50 km de la superficie) del que irradian en todas las direcciones. El primer

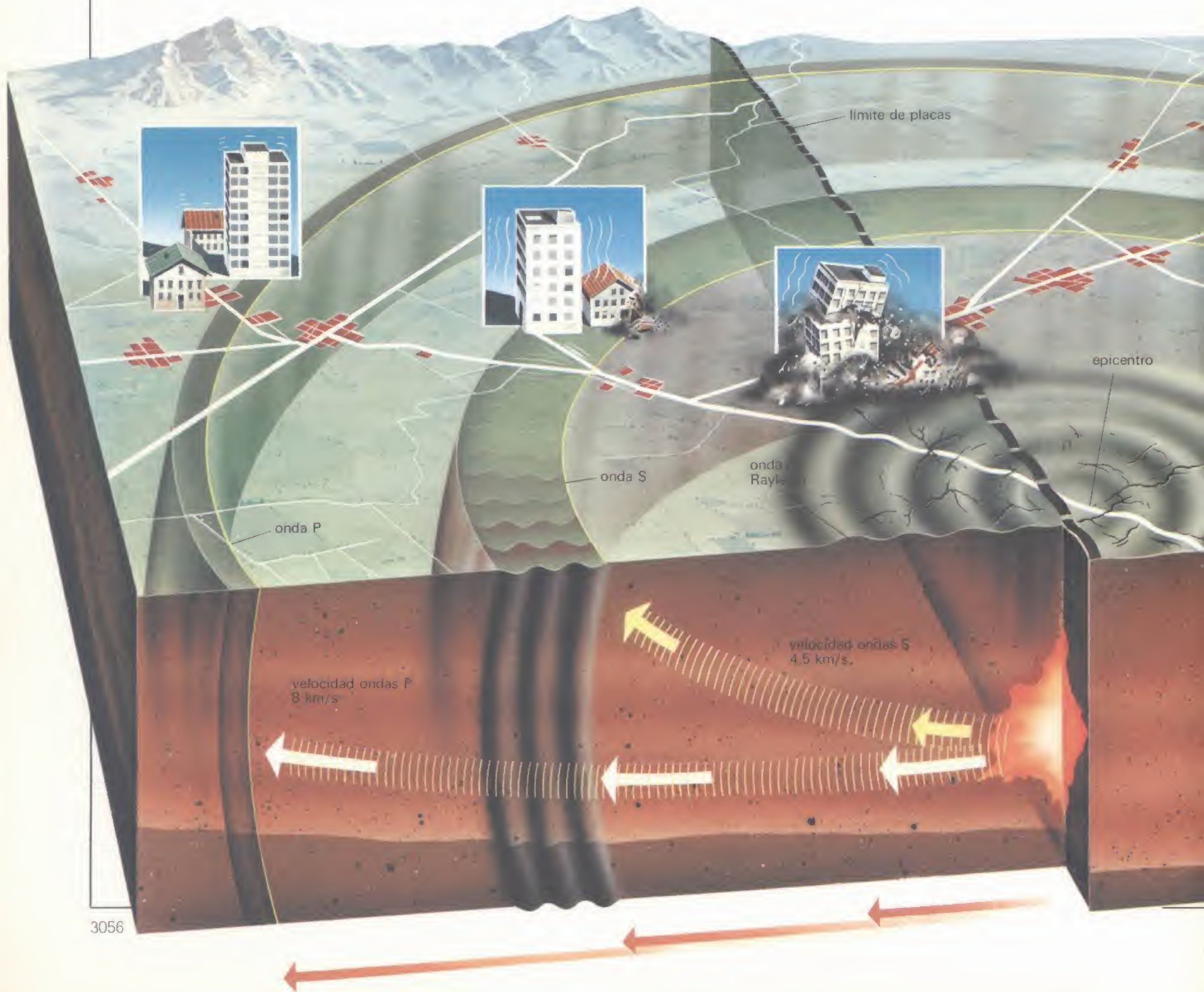
punto que alcanzan en superficie es el situado en la vertical del foco, y se llama epicentro. Las ondas que parten del foco sísmico son de distintos tipos; aquí se observan tres de ellos. Los tres tipos de ondas no se propagan con la misma velocidad. Por

eso, a medida que se alejan del foco sísmico, las distancias entre sus frentes de avance se hacen progresivamente mayores. En un momento cualquiera posterior a la sacudida sísmica, las ondas P, u ondas de compresión,

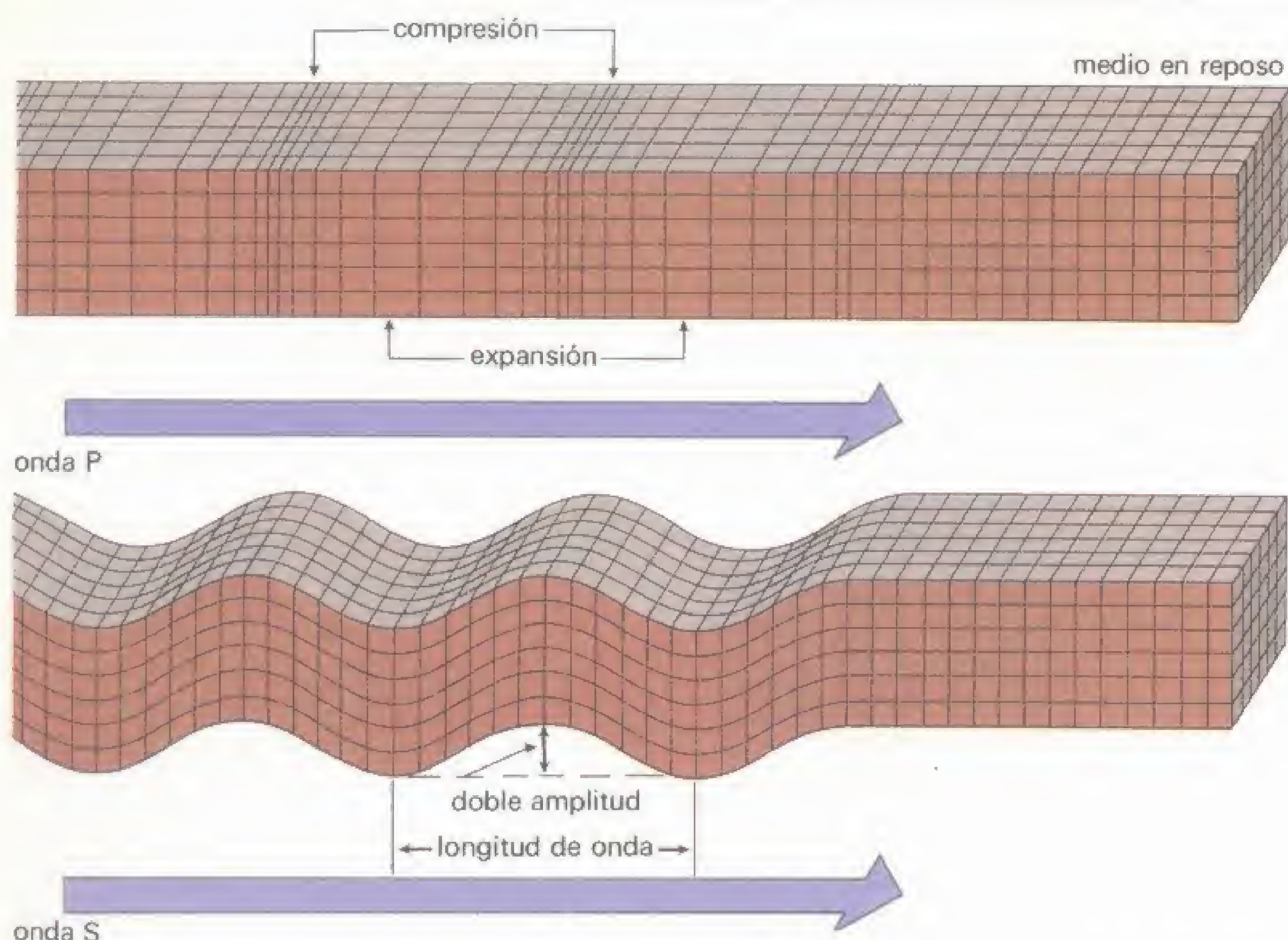
son las que han alcanzado una mayor distancia. En el mismo tiempo, las ondas S, u ondas transversales, han recorrido menor espacio, y menos aún las ondas de superficie, u ondas de Rayleigh. Los efectos

destructivos disminuyen a medida que aumenta la distancia, hasta que, lejos del epicentro, los efectos desaparecen en su totalidad. A una misma distancia del epicentro, los efectos están en relación directa con el

tipo de configuración geológica de la zona: las rocas compactas son las que transmiten con mayor eficacia los efectos destructivos del terremoto; las arenas y los terrenos sueltos, por el contrario, son pésimos conductores.





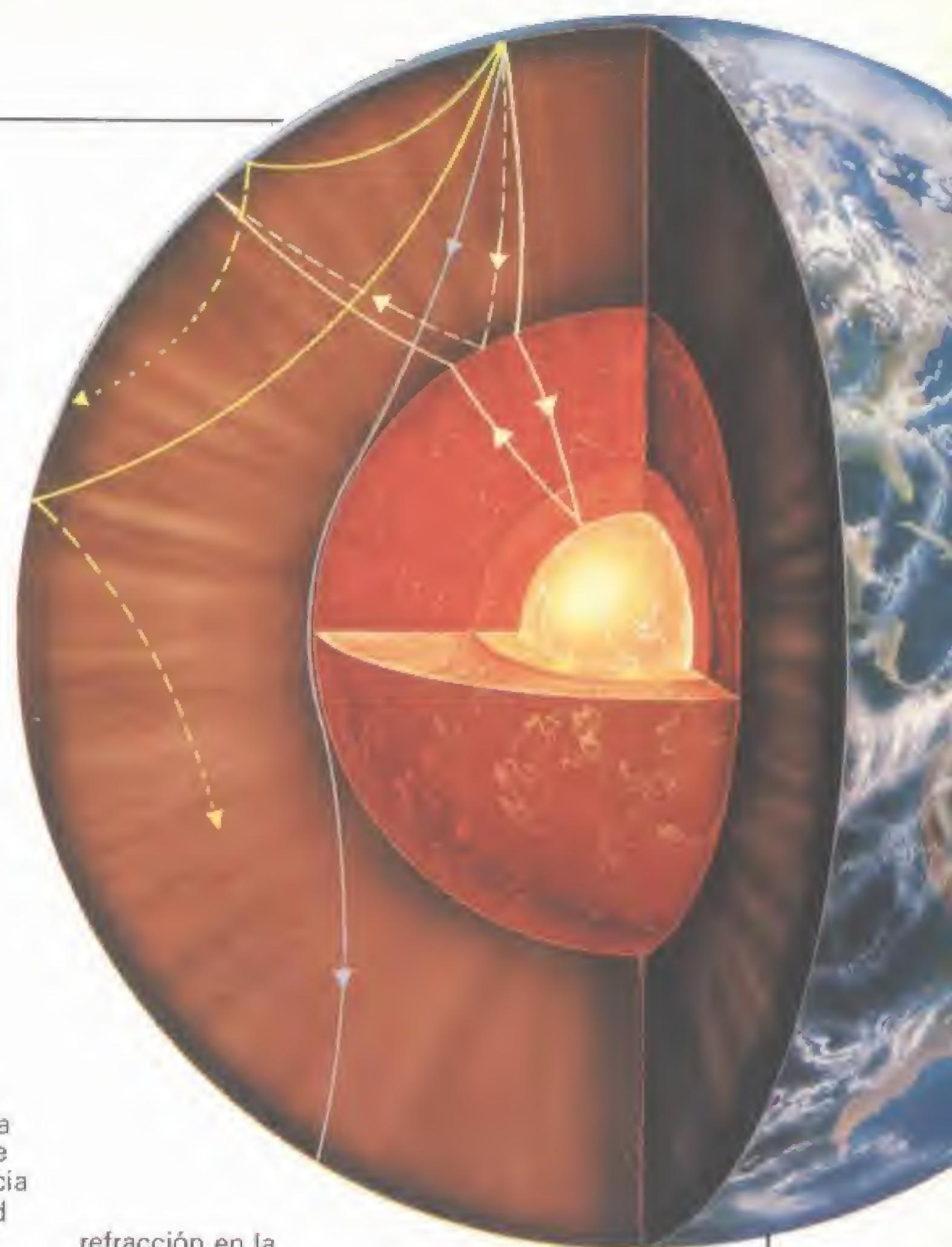


Sobre estas líneas, efectos sobre el terreno de la propagación de las ondas P (arriba) y de las ondas S (abajo). Las primeras pueden atravesar cualquier

tipo de material, sólido o líquido, mientras que las ondas S requieren un medio sólido para poder propagarse. A la derecha, un corte del interior de la Tierra en el que se pueden

apreciar las trayectorias de propagación de las ondas sísmicas. Hay que destacar que todas son curvas, ya que las velocidades de propagación varían

según la densidad y la presión del medio que atraviesan. La presencia de una discontinuidad estructural o del estado físico en los materiales provoca un fenómeno de



refracción en la trayectoria de las ondas. Abajo, mapa de las zonas

sísmicas más activas del planeta.

Los terremotos que tienen su origen en los fondos oceánicos suelen desplazar grandes masas de agua, generando en la superficie olas que, aunque son escasamente visibles en mar abierto, alcanzan alturas enormes en las zonas poco profundas próximas a las costas. Con una altura de más de 60 m (cuando golpean las costas) y con velocidades superiores a los 640 km/h, esas gigantescas olas o *tsunamis* (comúnmente llamadas olas de maremoto) causan grandes estragos en las zonas costeras.

**Zonas sísmicas** Los estudios sísmicos realizados demuestran que los terremotos no tienen lugar con idéntica frecuencia en todos los puntos del planeta, sino que muestran una cierta tendencia a concentrarse en bandas largas y estrechas, que bordean regiones más estables (bordes de las placas continentales y oceánicas).

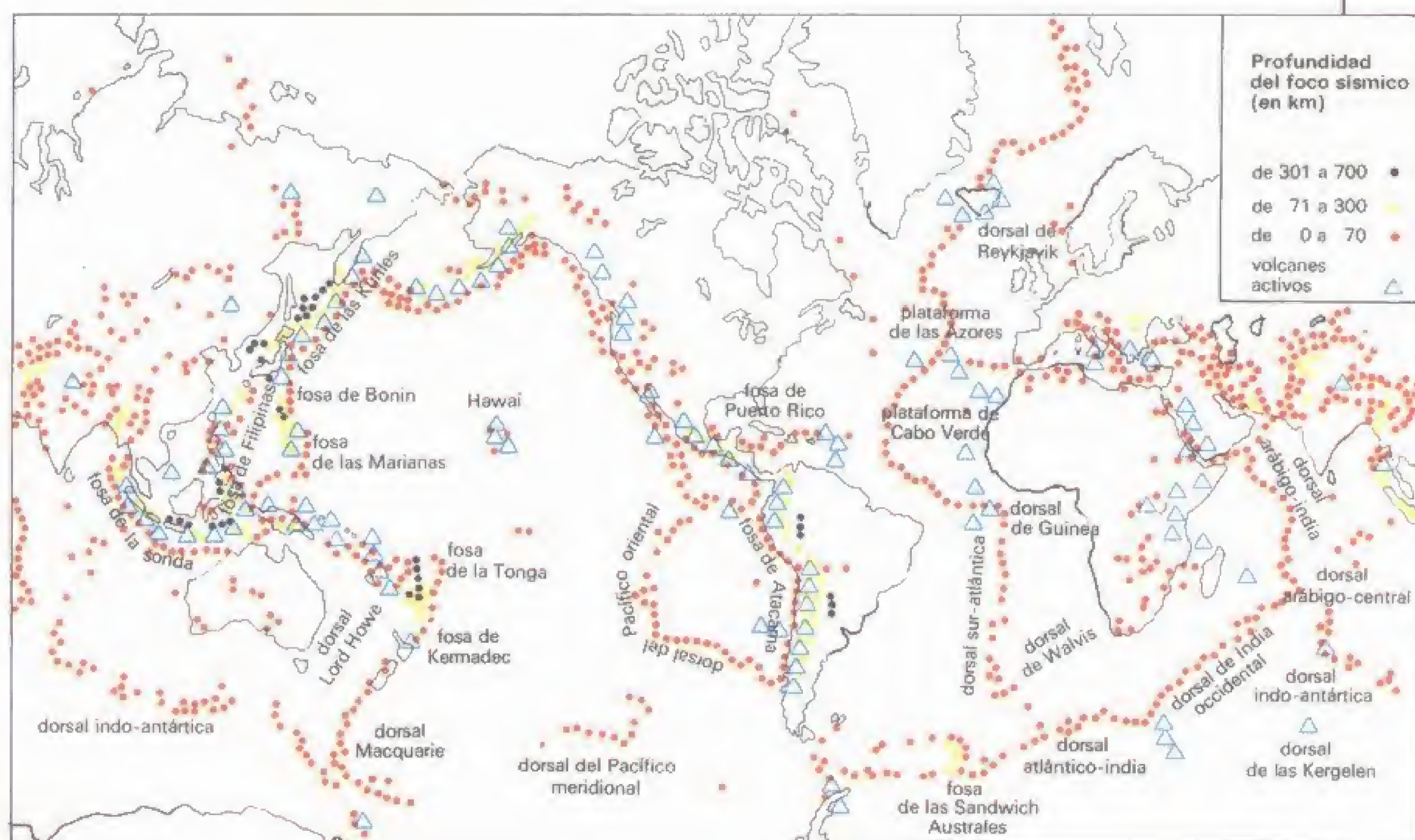
Una de esas bandas o cinturones sísmicos rodea al océano Pacífico y discurre a lo largo de las costas occidentales del continente americano, Japón, Filipinas, Nueva Zelanda y la Antártida. Otro cinturón sísmico de gran importancia se inicia en las islas Azores, en pleno centro del océano Atlántico, y se prolonga hacia el este por los Alpes, Asia Menor, cordillera del Himalaya y Birmania, doblando luego hacia el sur por la península de Malasia, Sumatra y Java, hasta alcanzar la isla de Nueva Guinea, ya en el océano Pacífico, al norte de Australia. Existen, además, numerosas zonas sísmicas que discurren paralelas a las cordilleras dorsales submarinas como, por ejemplo, la dorsal MedioAtlántica. A diferencia de las dos primeras,

que son regiones compresivas de formación de montañas, estas últimas representan regiones distensivas de formación de corteza oceánica. Los seísmos son aquí de menor intensidad.

Aunque los terremotos tienen lugar preferentemente a lo largo de los bordes de las placas litosféricas, pueden verificarse también esporádicamente en puntos de su interior. Los grandes terremotos de 1811 y 1812 acaecidos en New Madrid, en el estado de Missouri (EE UU), fueron dos de esos casos. En efecto, los terremotos intraplaca son menos frecuentes, aunque no menos intensos, que los que se registran a lo largo del cinturón circum-pacífico, en

el que se concentra el 80% de la actividad sísmica mundial. Así, Japón experimenta dos o tres sacudidas sísmicas diarias, aunque la mayoría de ellas es tan débil que sólo los sismógrafos —instrumentos que miden y registran el paso de las ondas por la corteza terrestre— pueden detectarlas.

**Origen de los terremotos** Se pueden distinguir dos tipos principales de terremotos: los que están relacionados con las deformaciones de la corteza terrestre (tectónicos) y los ligados a la actividad volcánica. Estos últimos están provocados por los movimientos de ascenso de los magmas fundidos y de los gases que se





desprenden de ellos durante las erupciones. También las explosiones en las canteras y en las minas, así como el colapso de cavidades naturales o artificiales, pueden causar sacudidas de poca entidad. Por otro lado, las explosiones nucleares subterráneas provocan vibraciones sísmicas que pueden sentirse a distancias de hasta 160 km. A pesar de todo, estas sacudidas sísmicas, naturales o producidas artificialmente, son considerablemente menos intensas que las de origen tectónico.

Los terremotos tectónicos están causados por desplazamientos violentos y prácticamente instantáneos a lo largo de ciertos tramos de un plano de falla. Los esfuerzos de origen tectónico que actúan sobre el plano de la falla van en aumento hasta que, alcanzado un determinado valor, se produce el desplazamiento brusco de los dos bloques a ambos lados del plano. La relajación de la deformación elástica acumulada en las rocas a los lados de la falla tiene lugar instantáneamente, provocando trenes de ondas sísmicas que originan los terremotos en superficie: el terremoto de

San Francisco de 1906 fue provocado por el funcionamiento de la falla de San Andrés a lo largo de un tramo de unos 434 km de longitud, con desplazamientos máximos de las rocas a ambos lados de la falla de hasta seis metros. Al ser los límites entre las placas litosféricas gigantescas zonas de falla donde convergen y divergen las primeras, es lógico que la mayor parte de los focos sísmicos se localice sobre ellas. La zona o región del plano de falla donde se produce el movimiento se denomina *hipocentro*, o foco sísmico. El punto situado en la vertical del hipocentro sobre la superficie terrestre se llama *epicentro*. El hipocentro se puede encontrar a profundidades variables, según el tipo de sismo, desde decenas de metros a varios centenares de kilómetros (se han detectado focos sísmicos a profundidades de hasta 700 kilómetros).

La sacudida sísmica provoca dos tipos de ondas, que se propagan en todas las direcciones a partir del hipocentro.

Las *ondas primarias* (P), o *longitudinales*, son las que se desplazan más rápida-

mente a través de la corteza terrestre. Son ondas de choque, que se propagan comprimiendo y dilatando las rocas en la dirección de avance (son semejantes a las ondas del sonido). Por otro lado, las *ondas secundarias* (S), o *transversales*, se mueven más lentamente, provocando en las partículas sobre las que inciden, un movimiento oscilatorio en dirección perpendicular a la de su línea de propagación.

Existe un tercer grupo de ondas que se propaga por la superficie a partir del epicentro. Reciben precisamente el nombre de *ondas superficiales*, dado que su amplitud se atenúa rápidamente en profundidad. Estas ondas son las que más daño producen, al tener mayor amplitud y propagarse más lentamente que las dos anteriores. Los puntos de la superficie se desplazan por un lado en la vertical (*ondas Rayleigh*) y por otro, en menor cuantía, en la horizontal (*ondas Love*), describiendo trayectorias elípticas en el plano de propagación. El estudio de las ondas sísmicas ha permitido conocer mejor el interior de la Tierra.

#### 1 RESISTIVIMETRO

registra variaciones en la conductividad eléctrica del subsuelo, revelando variaciones de densidad y humedad

#### 2 REGISTRADOR DE DESPLAZAMIENTOS

registra los desplazamientos horizontales del terreno por medio de un hilo metálico extendido a través del plano de falla

#### 3 GRAVIMETRO

mide las variaciones locales de la fuerza de gravedad debidas a los movimientos verticales y a los cambios de densidad de las rocas

#### 4 EXTENSIMETRO

mide la dilatación y la contracción de las rocas, indicando un aumento o una disminución de la tensión

#### 5 SISMOMETRO

registra todas las oscilaciones y movimientos del suelo sobre un papel, con una pequeña pluma, o sobre papel fotográfico, mediante un rayo de luz

#### 6 ESCINTILOMETRO

contador de radiactividad que señala la cantidad de gas radón radiactivo que se libera de las rocas sometidas a presión

#### 7 INCLINOMETRO

revela variaciones en la inclinación de la superficie terrestre, a través del desplazamiento de una burbuja de aire. Su funcionamiento es similar al de un nivel de construcción clásico

#### 8 MAGNETOMETRO

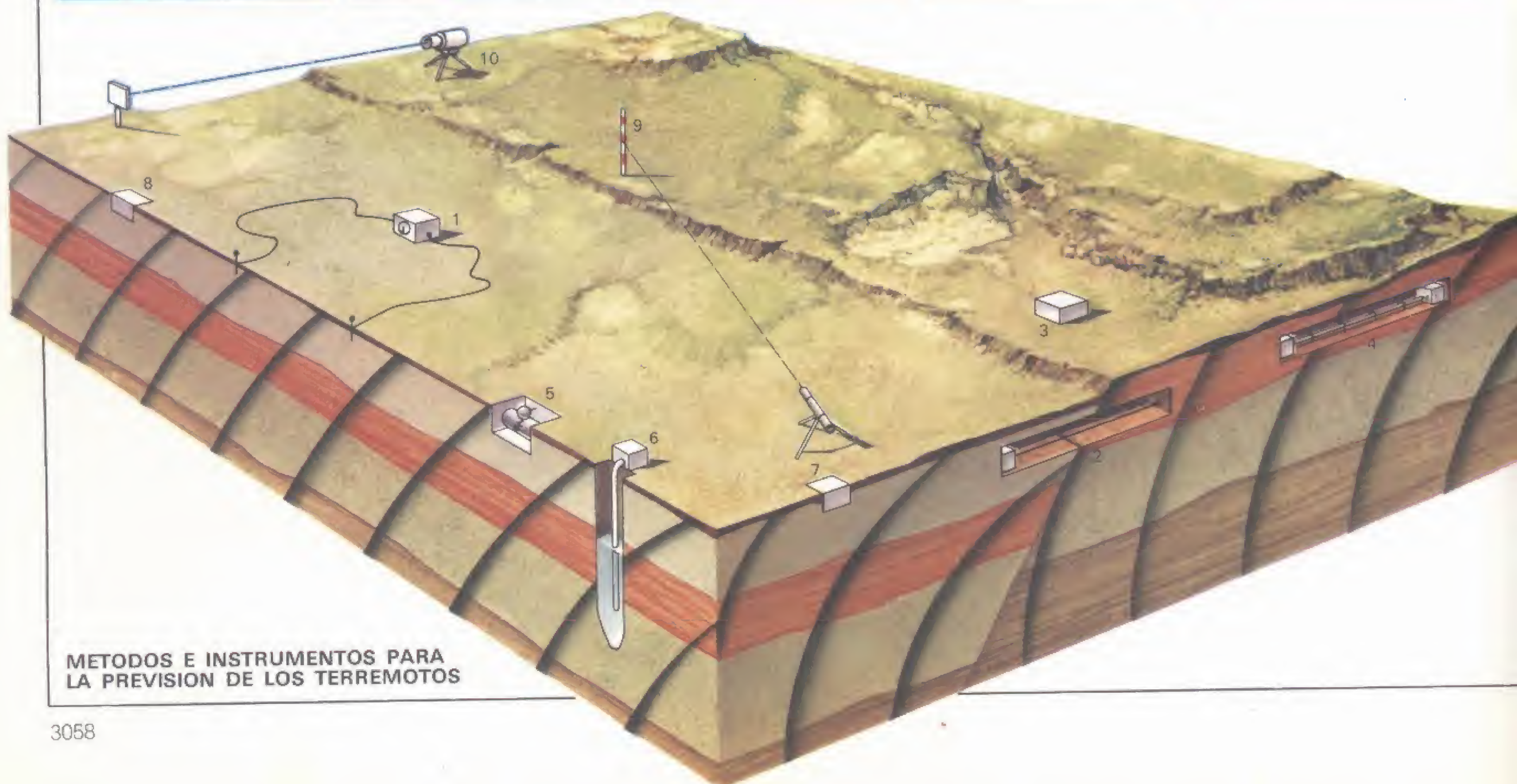
revela variaciones locales del campo magnético terrestre, causadas por la deformación de rocas sometidas a presión

#### 9 TEODOLITO

comprueba desplazamientos verticales del terreno por medio de un sistema de alidada telescópica y mira graduada

#### 10 GEODIMETRO

mide los movimientos superficiales, calculando el tiempo que un rayo láser emplea en recorrer la distancia de ida y vuelta entre un reflector y la fuente, situados a ambos lados de la falla



MÉTODOS E INSTRUMENTOS PARA LA PREVISIÓN DE LOS TERREMOTOS

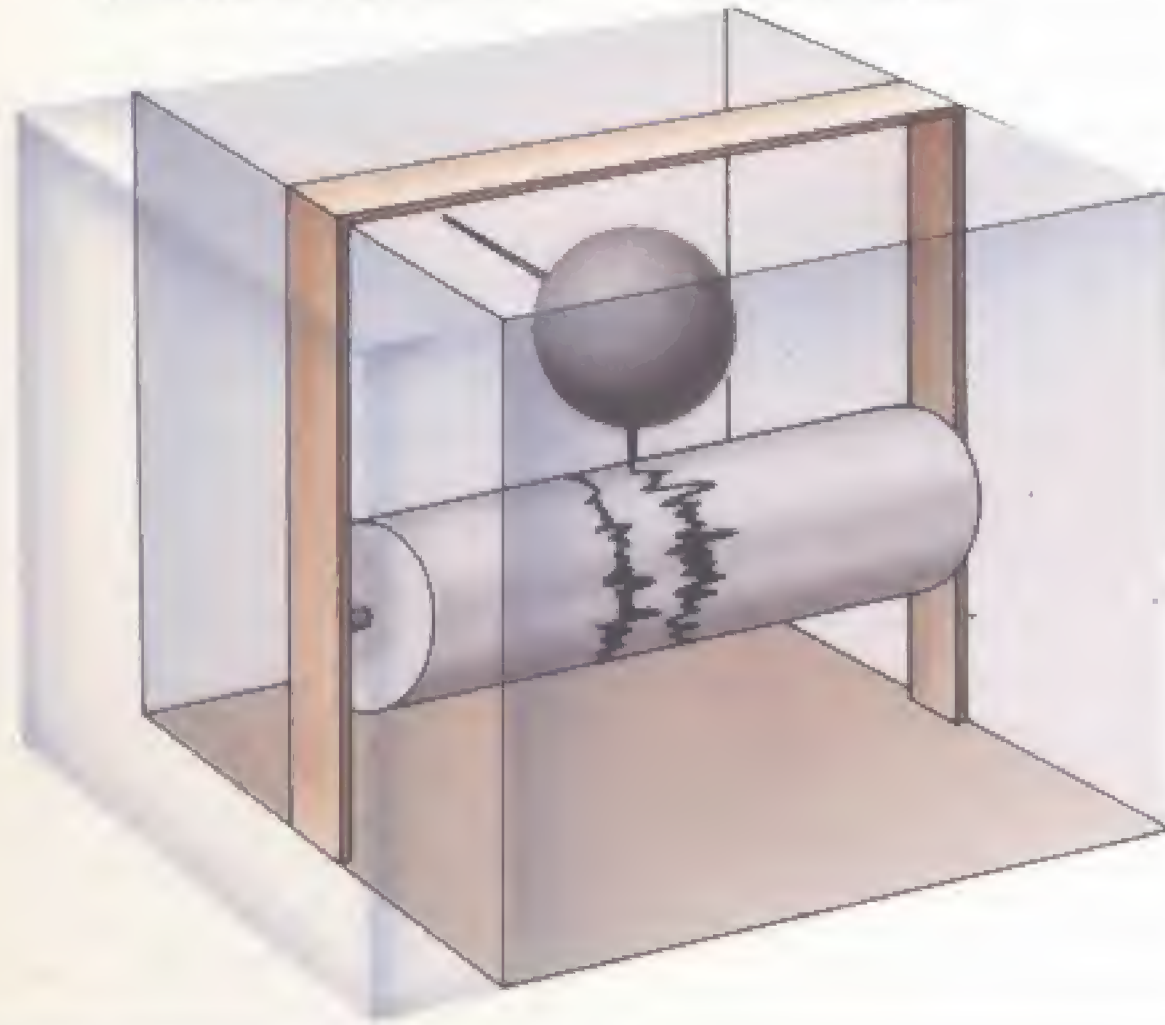


Tabla de intensidades de los terremotos según la escala de Gutenberg-Richter. Esta escala de medidas ha llegado a sustituir a las de Mercalli y Mercalli modificada, aunque esta última sea a veces utilizada para comunicar datos al público. Cada nivel corresponde a un terremoto de intensidad diez veces superior al del nivel inferior.



Abajo, el principio de funcionamiento de un sismógrafo. Un cilindro de papel de registro, solidario con las paredes de un recinto, gira lentamente. Una masa con una plumilla en el extremo está suspendida sobre el cilindro, de forma que los movimientos relativos son paralelos

al eje del mismo. La esfera, debido a su inercia, permanece fija mientras que el cilindro, solidario con el suelo, se mueve al paso de la onda sísmica. El resultado es el registro sobre el papel de una línea zigzagueante que reproduce la intensidad de dicha onda.



### ANIMALES QUE PUEDEN SENTIR CON ANTELACION LOS TERREMOTOS

Por razones muy variadas y no del todo conocidas, muchos animales reaccionan anormalmente antes de producirse un terremoto. Todos los animales representados bajo estas líneas muestran cierta capacidad sensorial para detectar de alguna manera los fenómenos premonitorios de los terremotos. Se sabe que los peces, los reptiles y ciertas aves son muy sensibles a los infrasonidos producidos frecuentemente por los seísmos

de poca intensidad que preceden a las sacudidas principales y que, generalmente, el hombre no percibe. Pero también puede haber razones de otra índole, como, por ejemplo, las ligadas a la percepción de alteraciones en el ambiente natural desde el punto de vista químico: así, las aguas de los pozos experimentan ligeros cambios químicos, inapreciables para los sentidos humanos, debidos a la introducción de gases de origen profundo.



**Medida de los terremotos** Los seísmos se detectan mediante el empleo de *sismógrafos*, instrumentos muy precisos que permiten registrar gráficamente el paso de los distintos tipos de ondas y los tiempos de llegada de las mismas (sismograma). La magnitud de un terremoto se determina mediante el empleo de una escala ideada en 1935 por C. F. Richter, que establece su valor basándose en una conversión de la amplitud máxima registrada (el valor del pico de ciertas ondas registradas sobre el sismograma). Las vibraciones mínimas que el hombre puede percibir, como por ejemplo el ruido de un tren que pasa, corresponden a un valor de 2,5 en la escala de Richter. Los valores máximos registrados hasta hoy llegan a 8,6 como es el caso del terremoto que tuvo lugar en Alaska en 1964, y el de Chile de 1960. Es probable que el de Lisboa de 1755 alcanzase el valor 8,7 teniendo en cuenta los efectos que produjo.

Ya que la escala Richter es una escala logarítmica, un terremoto de magnitud 7 es, por ejemplo, 10 veces más intenso que uno de magnitud 6, y 100 veces ( $10 \times 10$ ) más intenso que uno de magnitud 5.

La escala modificada Mercalli, de 1931, es similar y se emplea también para medir la intensidad de los terremotos. En esta escala los seísmos se clasifican según los efectos observados sobre la superficie. Por ejemplo, un terremoto de grado IV hará crujir las paredes, mientras que uno de grado X levantará los raíles de las vías férreas y causará el derrumbamiento y destrucción de la mayor parte de las estructuras de albañilería.

Puesto que los efectos de un terremoto varían de una localidad a otra, según la naturaleza de las formaciones geológicas sobre las que cada una de ellas se asienta, según el tipo de construcción y la distancia del epicentro, la escala Mercalli es una escala subjetiva e indica los daños loca-

les en lugar de las dimensiones reales del seísmo.

**Sacudidas preliminares y subsiguientes** Los principales terremotos suelen ir acompañados de temblores que preceden o siguen con una diferencia de pocas horas o días a las sacudidas principales.

Los temblores preliminares y otros fenómenos precursores, como, por ejemplo, la variación en la composición del agua de los pozos profundos, han llevado al desarrollo de estudios relativos a la prevención de terremotos. En efecto, el campo más prometedor, desde el punto de vista de la previsión sísmica, parece ser el estudio de las variaciones de las propiedades físicas de las rocas que se observan con antelación al desencadenamiento de muchos terremotos.

Así, el aumento de los esfuerzos tectónicos sobre las rocas provoca un aumento transitorio de su volumen (dilatación), causando la apertura de fracturas de tensión en su interior que se rellenan de agua, lo que influye en la propagación de las ondas sísmicas y en la conductividad eléctrica. Asimismo, la dilatación que parece preceder al terremoto se traduce en abombamientos de la superficie, detectables mediante una precisa red de instrumentos topográficos y a partir de cambios observables en los caudales de las fuentes. Estos fenómenos permitirán probablemente en un futuro localizar con antelación el foco sísmico así como el momento y la intensidad del terremoto.

A pesar de ello, aún no se tiene la certeza de que los fenómenos descritos precedan siempre a los terremotos, y muchos aspectos de la hipótesis de la dilatación de las rocas, previa a los movimientos sísmicos, están aún por demostrar.

Véase Corteza terrestre; Deriva continental; Sismógrafo; Tectónica; Volcán



## Tests psicológicos

**L**o que hace posible la existencia de los tests psicológicos es el concepto de que lo que hacemos constituye una indicación valorable de lo que somos. Ninguna acción, obviamente, puede ser considerada como representante de una personalidad de una manera concluyente, pero un complejo de acciones y de respuestas, como por ejemplo, entre otras, el tono de la voz con que respondemos a una pregunta, la fuerza con la que trazamos una línea con un lápiz, junto con el contenido de lo que dibujamos o decimos, puede poner de manifiesto lo que está escondido y desentrañar lo que domina en el comportamiento de una persona, haciendo al mismo tiempo posible la individualización de elementos característicamente constitucionales e, incluso, predictivos acerca del futuro del propio individuo.

La admisión de un paciente en un hospital psiquiátrico casi siempre conlleva la aplicación previa de varios tests al mismo, siendo la agresividad, en muchos casos, un factor crucial en la formulación del diagnóstico y en la toma de decisiones en lo que respecta al tratamiento.

Muchos psicoterapeutas que tienen en tratamiento a pacientes no hospitalizados hacen también uso, por su parte, de los tests. En las entrevistas habituales en la clínica, una psicosis, es decir, una alteración mental grave con una profunda disociación de la realidad, puede ser difícilmente individualizable o no aparecer de hecho durante mucho tiempo. Los tests permiten al terapeuta un rápido conocimiento del tipo de problemas que presenta un paciente, facilitando así la orientación del tratamiento. El empleo de los tests en el

tica (TPT), el Test de Rorschach, el Bender-Gestalt y el Minnesota Multiphasic Personality Inventory (MMPI).

Desarrollado originalmente como método para medir la inteligencia, el WAIS establece la aptitud del individuo en situaciones relativamente impersonales, así como su capacidad para resolver problemas. El WAIS es un test escrito, con secciones verbales y de "performance"; se evalúan en él: vocabulario, cultura general, comprensión general, razonamiento aritmético, reordenamiento y reconstrucción de figuras, etcétera.

El TPT hace mayor énfasis en los niveles de funcionamiento menos realistas y más personalizados, consistiendo en una serie de láminas a partir de las cuales el sujeto es invitado a construir una historia que relate lo que está sucediendo en la



**Principios operativos** En el test psicológico, el principio operativo principal se basa en el hecho de que, cualquiera que sea la conclusión que el analista extraiga de los resultados proporcionados por el test, al final, éste disponga de tres pruebas de referencia no ambiguas. Por esta razón, los psicólogos (o los técnicos, en el caso de resultados tabulados por ordenador) proporcionan una batería de tests estándar, cada uno de los cuales hace especial énfasis en un aspecto del individuo.

ámbito clínico puede determinar la extensión del daño cerebral en un alcohólico y también puede ayudar a medir, aislándolas, las distintas funciones y su decaimiento en la edad senil.

**El protocolo estándar** Generalmente, los tests utilizados son: la escala de Wechsler para la inteligencia en el adulto (indicada con las siglas WAIS, mientras que la versión para los niños se designa con las siglas WISC), el Test de Percepción Temá-

Los test mentales (aquí arriba y en la página siguiente) para evaluar la inteligencia, particularmente en el caso de los niños, han sido netamente sobrevalorados. Efectivamente, para una exacta valoración, deben considerarse diversos factores: ambiente en el que se

desarrolla la prueba, teniendo en cuenta la impresionabilidad de los más pequeños; tipo de estímulo (caracteres del papel, colores, luces, etc.); características personales del examinador; tipo de relación que se ha creado entre éste y el niño examinado, etc.





secuencia de láminas en cuestión, describiendo la situación presente de las mismas y pronosticando un posible desarrollo-epílogo del relato. No sólo se tiene en cuenta el contenido de los relatos, sino también la organización de los elementos de fantasía, el peso dado a los personajes, a la trama, a la descripción y, finalmente, al modo en que la historia es relatada.

El test de Rorschach, designado con frecuencia como el "test de las manchas de tinta", consiste en diez ilustraciones que reproducen otras tantas manchas, obtenidas originalmente esparciendo tinta sobre una hoja y doblandola en dos partes, de tal modo que las manchas resulten simétricas según la línea media vertical.

El sujeto es invitado a expresar lo que "ve" en las láminas, que le son presentadas una a una, según una secuencia ordenada.

Aquí, como en el TPT, se tienen en consideración el contenido, la estructura y la organización, así como la coherencia entre las respuestas proporcionadas: las láminas son nuevamente presentadas una segunda vez, durante la denominada fase de "investigación".

El interés del analista está, además, en el hecho de que el paciente interprete principalmente una determinada parte de la lámina, la mancha en su totalidad, las zonas situadas entre las diferentes manchas, etcétera.

Rorschach especificó que este test, aunque destaca mucho más que otros los elementos inconscientes, debería ser utilizado como test de la percepción.

El Bender-Gestalt consiste en nueve láminas, cada una de las cuales contiene una figura lineal. El sujeto es invitado a copiar, sobre una única hoja de papel, cada uno de los dibujos. Posteriormente, la lámina es retirada y se requiere al sujeto que repita el dibujo de memoria. El uso que el sujeto hace de la hoja de papel, la semejanza (o, por el contrario, la falta de la misma) con respecto a los dibujos representados, la habilidad en hacer volver a la mente las propias interpretaciones precedentes son todos factores en los que se basa la interpretación de este test.

El Minnesota Multiphasic Personality Inventory (MMPI), una serie de 400 preguntas verdadero-falsas, se considera un indicador muy digno de crédito de una gama de tendencias patológicas entre las que destacan la paranoia, la depresión, la esquizofrenia, la histeria y la hipocondría.

Definido empíricamente, se somete a este test a los pacientes mentales hospitalizados con un diagnóstico claro de paranoia, esquizofrenia, etc. De esta manera, se diferencia de otros tests que se aplican arbitrariamente, a modo de tanteo, en casos de diagnósticos imprecisos o dudosos.

El MMPI proporciona tres escalas de validez para compensar los eventuales es-

fuerzos que el sujeto pueda hacer con el fin de "falsear intencionadamente" los resultados del test. Proporciona, al mismo tiempo, tres escalas clínicas que capacitan al que interpreta el test para establecer el grado de ansiedad, depresión, los mecanismos de defensa y otros síntomas del paciente. La administración y la interpretación de una completa batería de tests psicológicos requiere, generalmente, un cierto número de días. Si bien las puntuaciones obtenidas en las pruebas del WAIS y del MMPI están estandarizadas, la interpretación de cualquier resultado, a la luz de los obtenidos en los otros tests y de la relación entre el examinando y el examinador, se considera más como un arte que como una ciencia.

Si bien habían sido inicialmente sobrevalorados en exceso, los tests psicológicos han permitido sin duda alguna mejorar notablemente los conocimientos sobre cómo se va desarrollando la personalidad de un individuo y cuáles son los posibles obstáculos que pueden inhibir su evolución.

Su ulterior utilización en otras especialidades médicas o clínicas, en particular, en la neurología, puede llegar a constituir una valiosa ayuda para el médico, facilitándole en ciertos casos, incluso, localizar la presencia de eventuales lesiones cerebrales.

Véase **Psiquiatría; Subnormalidad**

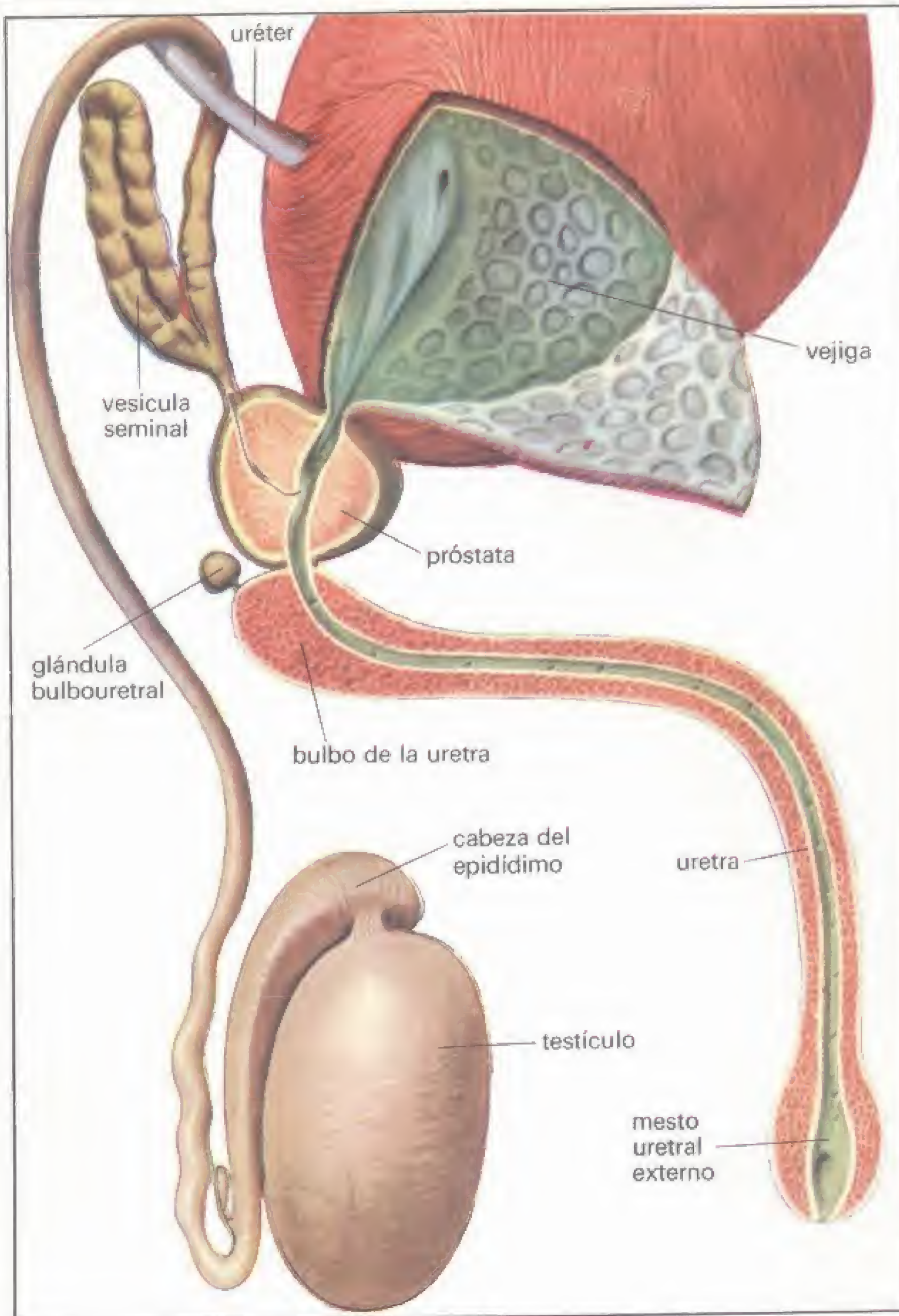


# Testosterona

**A**lrededor de los 12 años, aproximadamente, el cuerpo de un niño comienza a transformarse en el de un adulto. Esta transformación se manifiesta tanto externa como internamente y conduce al desarrollo de todas las características corporales de un varón adulto. Muchas de estas transformaciones tienen su comienzo y están reguladas por la acción de una hormona denominada *testosterona*, cuya producción tiene lugar en las gónadas masculinas o testículos.

**Las funciones de la testosterona** La testosterona es una de las hormonas sexuales masculinas, denominadas también *andrógenos*: es, de hecho, el andrógeno más abundante y constituye la principal hormona del proceso de masculinización. La testosterona contribuye a transformar al niño en un hombre, desarrollando sus caracteres sexuales secundarios masculinos: hace agravarse el tono de la voz, regula la distribución y el crecimiento del vello e influye en el comportamiento del individuo, incrementando, entre otros, los impulsos sexuales.

En el período puberal, el aumento de la secreción de testosterona estimula el crecimiento y acelera la terminación del desarrollo del esqueleto, antes de que se alcance la actividad reproductiva plena. Tanto el crecimiento como la actividad reproductiva requieren del organismo grandes esfuerzos e importantes transformaciones; la testosterona, precisamente, contribuye a evitar la rivalidad entre ambos procesos en lo que se refiere a la utilización de los recursos del organismo. La testosterona promueve el crecimiento del pene, el desarrollo de los túbulos seminíferos, las vesículas seminales y la glándula prostática. Esta hormona es también anti-estrogénica, es decir, anula la acción de las pequeñas cantidades de estrógenos (hormonas sexuales femeninas) que se producen en los testículos, impidiendo, así, el desarrollo de caracteres sexuales secundarios de tipo femenino.

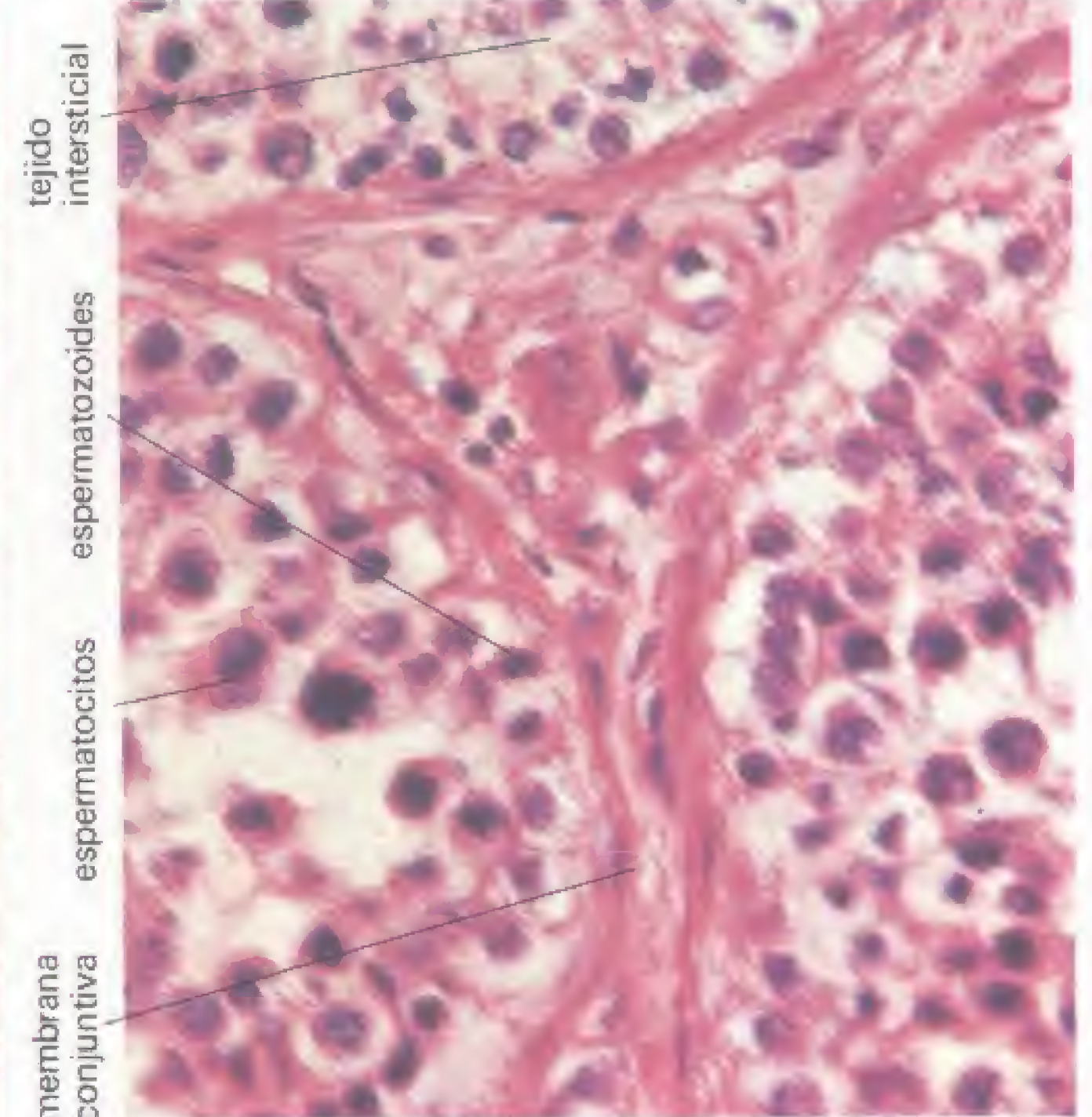
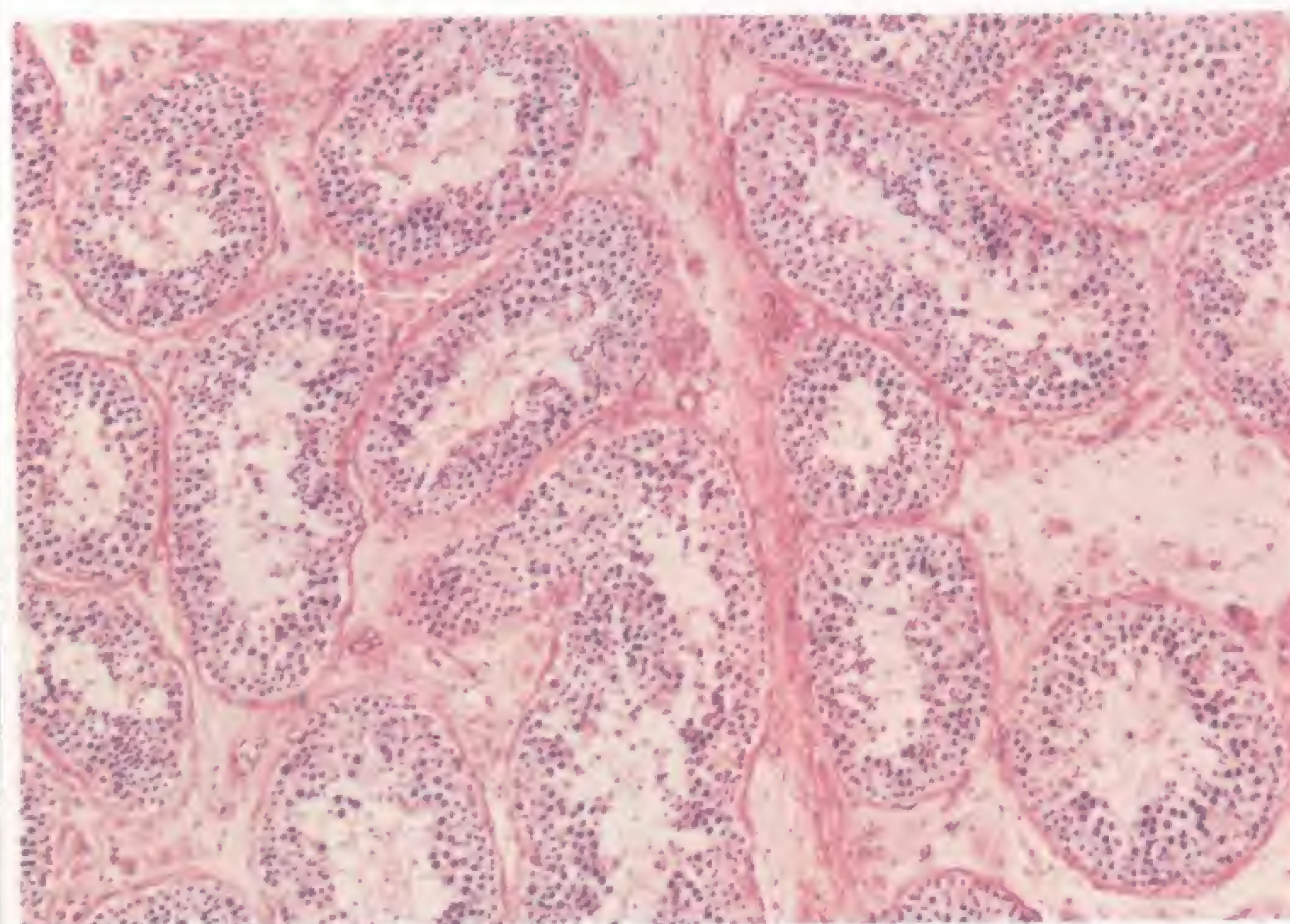


A la izquierda, esquema del aparato genital masculino. Los testículos, cubiertos por una membrana fibrosa (túnica albugínea), se encuentran divididos en 200-300 pequeños lóbulos. Cada lóbulo contiene entre uno y tres túbulos rectos que, anastomosándose entre sí, forman la llamada "rete testis". Entre los túbulos seminíferos se encuentra un tejido conjuntivo intersticial (abajo, en una muestra al microscopio y, a la derecha, aumento de una zona concreta) que contiene las células de Leydig, productoras de la testosterona. El esquema de la página siguiente ilustra la formación y la acción de la testosterona. Esta hormona, producida en las células de Leydig (B) bajo la acción de la hormona luteinizante (LH), junto a los otros andrógenos, segregados en la parte de la zona reticular de la corteza suprarrenal (A), poseen una triple acción: en la vida fetal estimulan la migración de los testículos hacia el escroto (D); en la pubertad completan la espermatogénesis (E), iniciada por la hormona hipofisiaria folículo-estimulante →

**Producción de testosterona** La testosterona es una hormona producida por el sistema endocrino del organismo. Este está constituido por un sistema de glándulas que vierten su contenido, las hormonas, directamente a la sangre. A través de la sangre, las hormonas alcanzan los distintos órganos diana, es decir, aquellos ór-

ganos que necesitan un control hormonal específico para desempeñar sus respectivas funciones.

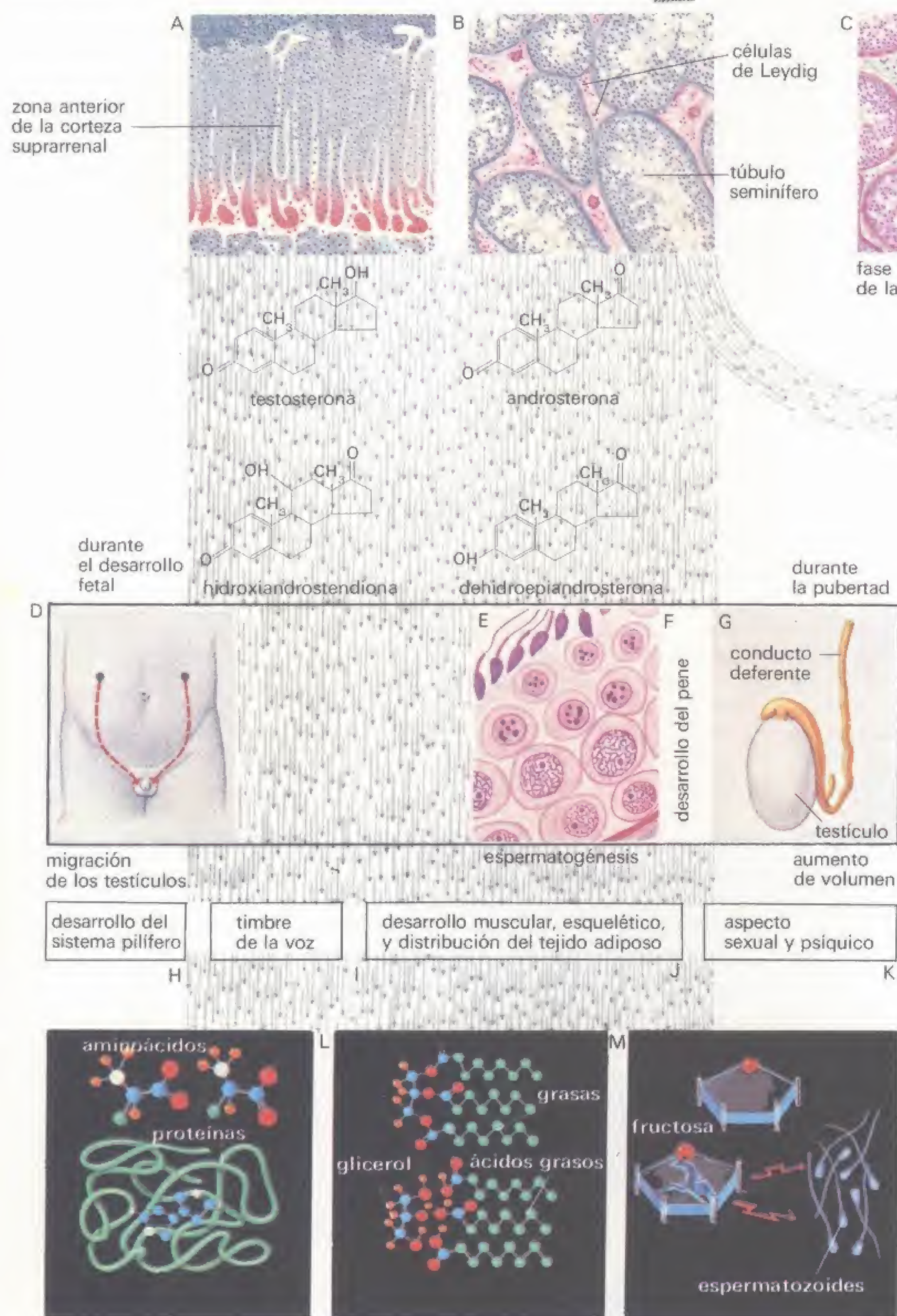
La glándula pituitaria o hipófisis es una glándula endocrina que produce distintos tipos de hormonas, entre las que se encuentran la FSH (hormona folículo-estimulante) y la LH (hormona luteinizante). Es-





FSH (C), el desarrollo de los órganos sexuales (F, G) y de los caracteres sexuales secundarios (H, I, J, K); y, finalmente, intervienen en las tres vías metabólicas

principales con la síntesis de nuevas proteínas (L), la escisión de las grasas (M) y la utilización de la fructosa por parte de los espermatozoides (N).



**Alteraciones** La mayor parte de las alteraciones del testículo están asociadas con una disminución de la producción de testosterona. El *hipogonadismo* es una disfunción testicular debida a una secreción insuficiente de testosterona como consecuencia o bien de una enfermedad del propio testículo o bien de una insuficiencia pituitaria. Todo ello se manifiesta por un anormal crecimiento del individuo y por un escaso desarrollo de los caracteres sexuales secundarios.

El síndrome de la feminización testicular es un trastorno hereditario: los varones afectados poseen cromosomas masculinos y testículos que funcionan, pero pueden parecer mujeres normalmente desarrolladas. Estos hechos indican que las células de los órganos de estos sujetos no son capaces de responder a la acción de la testosterona, si bien existe una normal producción de dicha hormona. A veces en niños pequeños se manifiestan signos de masculinización excesiva, debida a una abundante producción de testosterona, hablándose en estos casos de pubertad precoz.

**La estructura química de la testosterona** La fórmula de la testosterona es  $C_{19}H_{28}O_2$ . Este compuesto es una hormona esteroidea, es decir, es un derivado de una particular configuración química que comprende un núcleo central formado por ciclopentanoperhidrofenantreno. En el organismo, la testosterona se sintetiza a partir del colesterol; en el laboratorio puede ser artificialmente producida mediante modificaciones de esteroides análogos o por síntesis total.

La testosterona sintética se utiliza para corregir las deficiencias hormonales masculinas, para inhibir la producción de leche en la mujer y en el tratamiento de algunos tumores de mama.

Las dos hormonas se denominan también "gonadotropinas", dado que actúan sobre las gónadas, estimulando el mantenimiento de los túbulos seminíferos y la producción de las hormonas sexuales. La FSH, efectivamente, no sólo estimula el desarrollo de los túbulos seminíferos que producen los espermatozoides, sino que también regula el crecimiento. La LH se denomina también ICSH, que son las siglas inglesas correspondientes a "hormona estimulante de las células intersticiales". Estas células, llamadas también células de Leydig, cuando son estimuladas por la

ICSH, producen la testosterona, además de una pequeña cantidad de estrógenos.

La glándula pituitaria estimula la producción de la testosterona en las glándulas sexuales y regula su actividad durante toda la vida del individuo. La misma glándula pituitaria está regulada por el hipotálamo, que se encuentra situado en el cerebro, sobre la hipófisis. Durante la pubertad, el hipotálamo segrega una hormona (la GnRH, abreviatura de hormona liberadora de gonadotropinas) que estimula el incremento en la producción de gonadotropinas.

Véase **Endocrino, sistema; Genital, aparato; Hormonas; Macho**



# Tétanos

**E**l tétanos es una infección bacteriana aguda. Las bacterias que invaden una herida producen una toxina que actúa sobre los centros nerviosos del organismo, los cuales, mediante la transmisión de señales patológicas, hacen contraerse los músculos y a veces provocan convulsiones.

La muerte sobreviene, con frecuencia, por insuficiencia respiratoria o por parada cardíaca, aunque pueden presentarse otras numerosas complicaciones. La enfermedad presenta una alta tasa de mortalidad y el número de víctimas puede alcanzar el 40-50% de los casos declarados, si bien tal porcentaje puede ser reducido hasta el 20% cuando se logra la administración del tratamiento adecuado.

El tétanos ha sido una enfermedad mucho más difundida en el pasado de lo que lo es en el momento actual; todos los años, cerca de un millón de individuos son afectados por el tétanos en todo el mundo, con un total de unos cuatrocientos mil fallecimientos, la mayor parte de los cuales tiene lugar en los países subdesarrollados.

**La agresión del organismo** El tétanos está provocado por un bacilo muy pequeño, con forma de bastoncillo, denominado *Clostridium tetani*. Esta bacteria se encuentra habitualmente en la tierra, especialmente en las zonas de pasto para los herbívoros, en el intestino de los cuales está presente en gran abundancia. Generalmente, las esporas de los microorganismos penetran en el organismo a través de una herida. Una de las características del *Clostridium tetani* es la de ser una bacteria anaerobia, es decir, que sólo se desarrolla en ausencia de oxígeno. Las esporas, en consecuencia, podrán proliferar solamente si la herida es profunda y no está expuesta al aire. De ahí, la necesidad de desinfectar las heridas sospechosas mediante la utilización de un desinfectante oxidante, como el yodo, o que desarrolle oxígeno en estado naciente, como el agua oxigenada.

Después de un período de incubación, que puede tener una duración variable entre dos días y tres meses, las esporas se convierten en bacilos completamente maduros. Las bacterias producen una toxina extremadamente letal, que constituye un producto intermedio de su metabolismo, y que recibe el nombre de *tetanospasmina* (un miligramo de esta toxina puede matar hasta veinte millones de ratones blancos de laboratorio). Es precisamente esta toxina la responsable de los signos clínicos de la enfermedad.

**La toxina en la sangre** La tetanospasmina se difunde por el organismo a través del flujo sanguíneo y a lo largo de las vías nerviosas y de la médula espinal. Sin embargo, la circulación sanguínea es la vía más importante de diseminación de la toxina, desde el lugar en que se produce hasta el sistema nervioso central. No se conocen todavía con exactitud las interacciones bioquímicas entre la tetanospasmi-

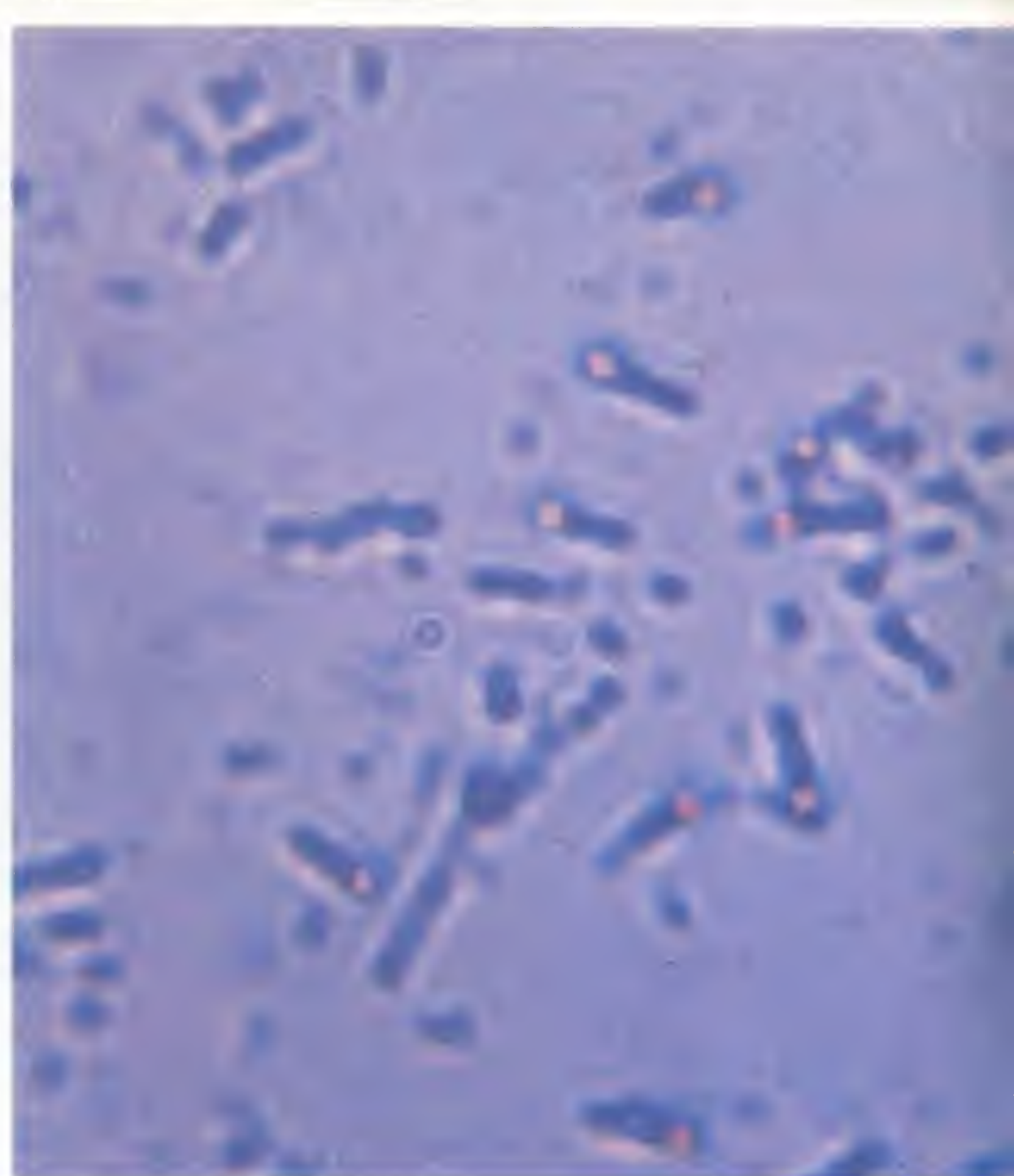
na y las terminaciones nerviosas; se piensa, sin embargo, que la toxina estimula la producción de acetilcolina, una sustancia que estimula el sistema nervioso central.

Esta estimulación se traduce en una forma de rigidez más o menos continua de la musculatura del organismo, sobre todo de aquellos músculos que tienden a oponerse a la fuerza de la gravedad: miembros, cuello, mandíbula. Esta rigidez es solamente interrumpida por algunos imprevistos ataques espasmódicos.

**El tratamiento del tétanos** Por lo general, un período de incubación breve es indicativo de un ataque tetánico grave. El tratamiento se fundamenta, sobre todo, en la utilización de fármacos antibióticos (penicilina o tetraciclinas) para destruir el bacilo *Clostridium tetani*. Una vez que la toxina ha alcanzado la circulación sanguínea, pueden utilizarse también fármacos sedantes y miorelajantes para contrarrestar los efectos de la tetanospasmina sobre el sistema nervioso central. La antitoxina tetánica debe ser inyectada por vía intravenosa, de manera que pueda inactivar a la toxina presente en la sangre.

En cualquier caso, cuando una herida es lo suficientemente profunda como para permitir la entrada del *Clostridium tetani*, es aconsejable poner una inyección de antitoxina tetánica que, por lo general, logra impedir la aparición de los síntomas.

Sin embargo, la inmunidad que confiere la antitoxina dura tan sólo mientras ésta permanece en la sangre. Tratando la toxina con calor o con formaldehído, se obtie-



El tétanos es una grave enfermedad provocada por la toxina que produce el *Clostridium tetani* (sobre estas líneas, fotografía al microscopio). Abajo, reproducción de un bacilo visto al microscopio electrónico. Los bacilos tienen la forma de bastoncillo con un engrosamiento en uno de los extremos. Viven, por lo general, en el intestino de los animales

y, a veces, también en el del hombre, sin provocar enfermedad. Estas bacterias se eliminan por las heces y se dispersan por el terreno. Aquí mueren rápidamente, aunque algunas forman esporas, las cuales, penetrando a través de las heridas, darán origen a nuevos bacilos. De ahí, la aplicación de la inyección antitetánica en caso de heridas profundas.

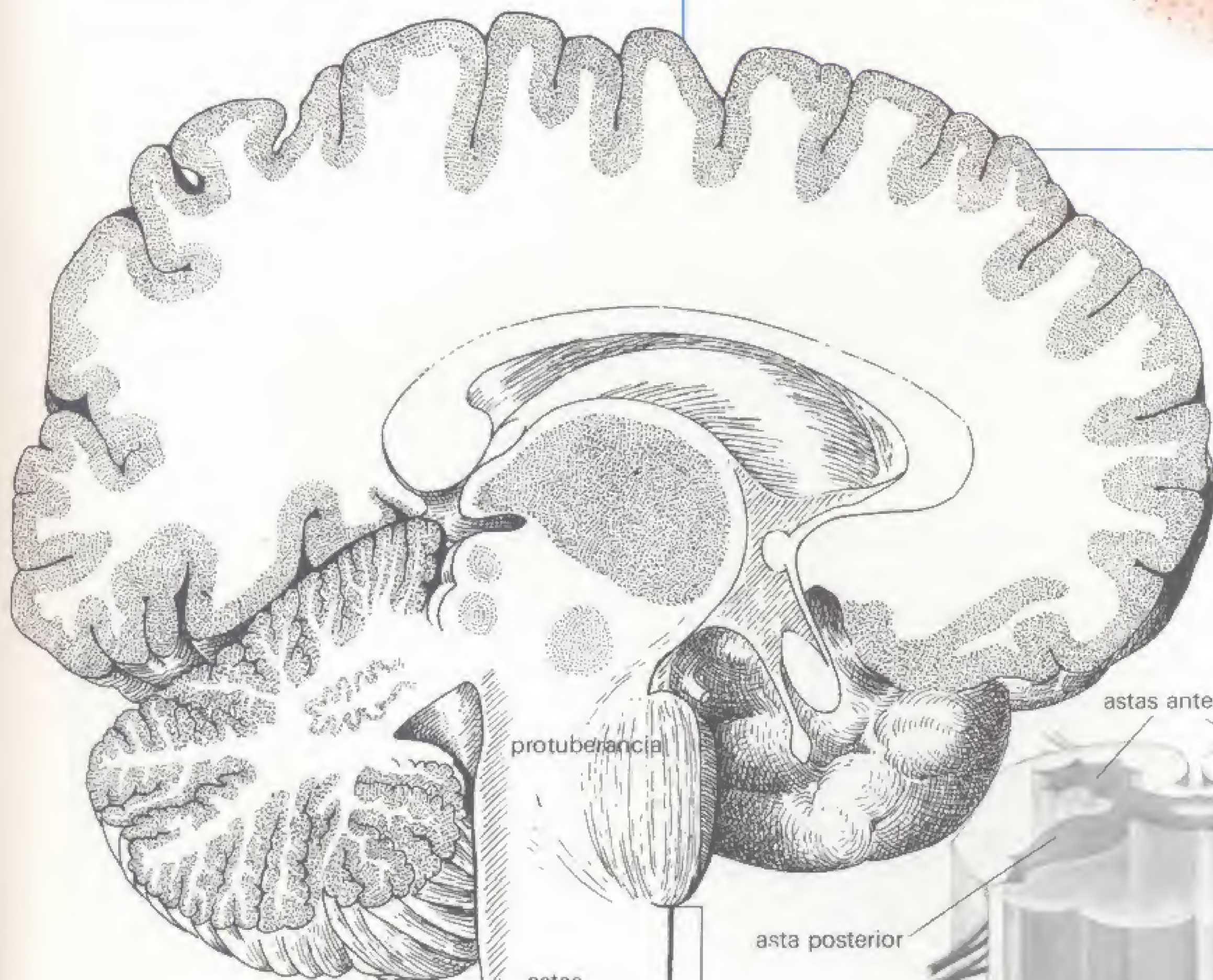
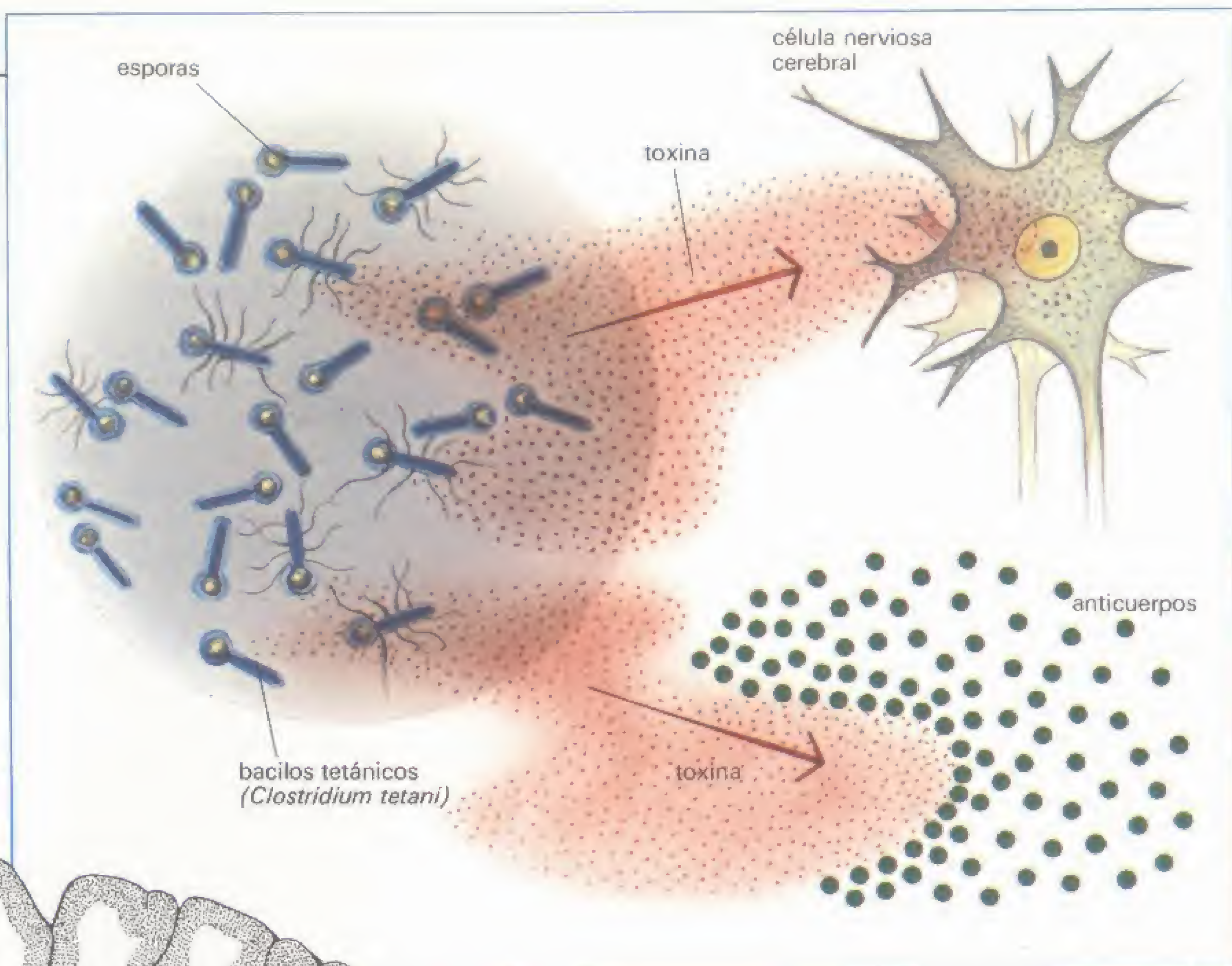




ne una nueva sustancia, llamada toxoide, que al ser inyectada en el paciente permite que éste fabrique su propia antitoxina, más duradera que la extraída de un animal inmunizado. Este toxoide tetánico, que se administra por vía intramuscular, proporciona una inmunización activa durante un período limitado de tiempo. Los primeros cuatro días se consideran los más críticos: si el paciente supera este período, las posibilidades de un pronóstico favorable se incrementan notablemente.

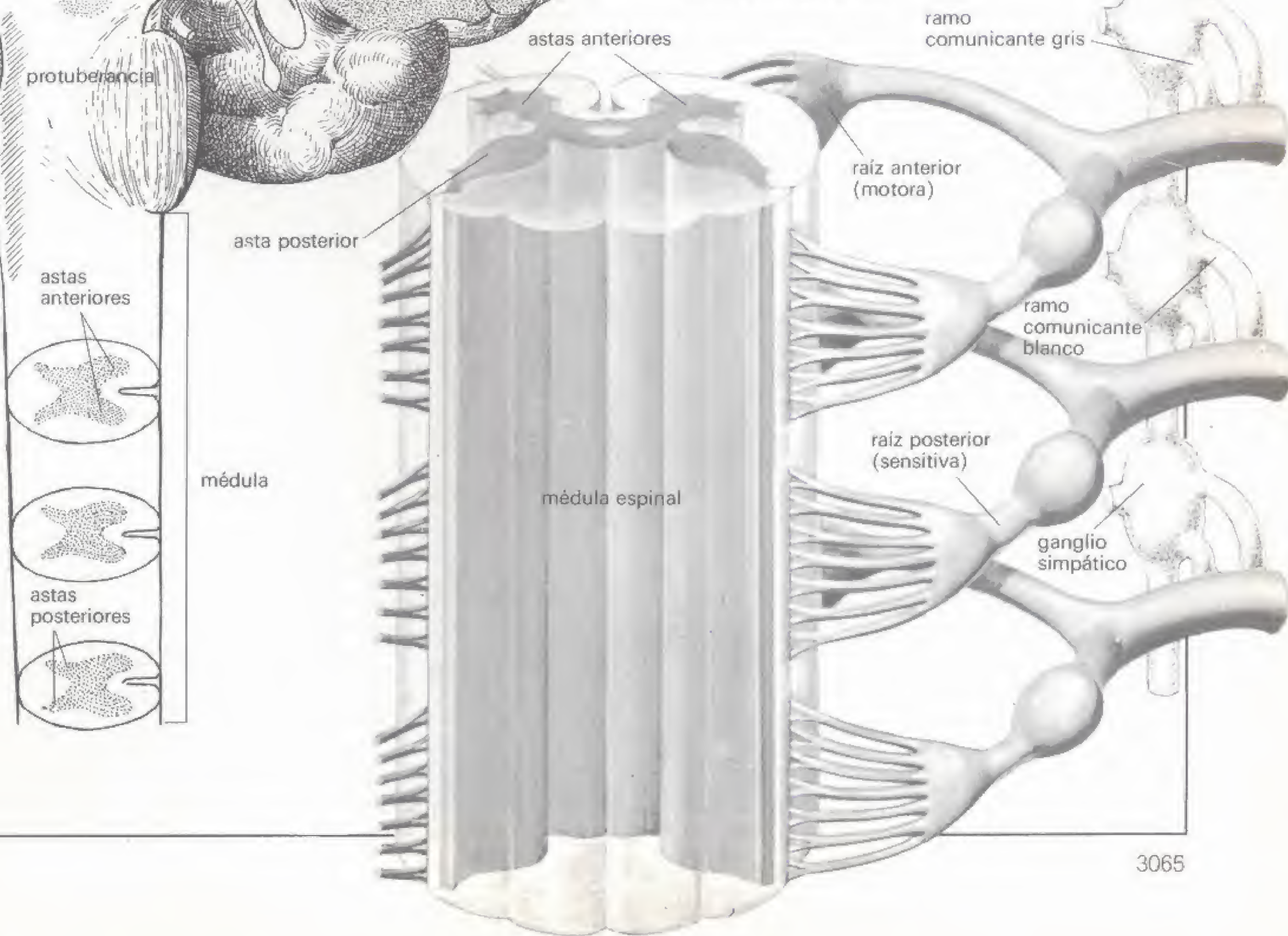
La mejor profilaxis antitetánica consiste en la inmunización con el toxoide tetánico. Según el calendario vacunal vigente en España, las dosis de toxoide tetánico se deben administrar a los 3,5 y 7 meses, y, a continuación, poner dosis de recuerdo a los 18 meses, 6 años y 14 años.

Véase **Bacterias; Enfermedades infecciosas; Vacunación**



En esta página, esquema del mecanismo de difusión de la toxina tetánica. El bacilo, que invade los márgenes de una herida, emite una potente toxina que se dirige al cerebro a través de las vías nerviosas y del flujo sanguíneo. Esta toxina se localiza en la protuberancia y en las astas anteriores de la médula espinal, en donde se encuentran las células cuyas prolongaciones

inervan los músculos voluntarios. En individuos vacunados, los anticuerpos presentes en la sangre bloquean la toxina antes de que ésta sea capaz de alcanzar el sistema nervioso central, con las consiguientes fatales consecuencias.





# Tiburón

**L**a razón que ha llevado al hombre a pensar en los tiburones como unos feroces "asesinos" radica en que todos ellos son potencialmente peligrosos para el hombre y en que su alta eficacia como matadores puede alcanzar, y de hecho alcanza en ocasiones, a los seres humanos. No obstante, los tiburones son animales muy poco y mal conocidos, y este desconocimiento ha dado lugar a multitud de leyendas.

Su éxito evolutivo ha sido notable, ya que se encuentran en las aguas marinas desde el Cretácico, hace unos cien millones de años. En tan dilatado período han aparecido y desaparecido numerosas especies, aunque la constitución básica de los tiburones se ha mantenido invariable.

Una de sus particularidades es que no poseen una auténtica estructura ósea, sino un esqueleto formado de cartílago, por lo que se les clasifica dentro de los Condroictios o peces cartilaginosos, pertenecientes a la clase de los vertebrados. Otra de sus peculiaridades es que se ven obligados a mantenerse en continuo movimiento, ya que, a diferencia de otros animales marinos, carecen de vejiga natatoria y no pueden "flotar" dentro del agua. Su forma hidrodinámica, con su hocico largo y pun-

tiagudo, cuerpo ligeramente aplanado, aletas estabilizadoras y una larga cola, le permite deslizarse con rapidez y seguridad en el agua, lo que resulta imprescindible para su supervivencia.

**Simplemente unos predadores** De todas formas, la fama de "asesinos" que tienen es bastante merecida, ya que a pesar de que su alimento no suele ser la carne humana, y rara vez atacan al hombre en el mar, son predadores por excelencia y están adaptados admirablemente a esta forma de alimentación. Tienen movimientos veloces, y su dentadura es móvil, con dos filas de dientes, una detrás de la otra. Cuando un diente frontal se ha desgastado por el uso, el de la segunda fila se desliza hacia adelante reemplazándolo.

La epidermis de los tiburones también es peculiar, ya que presenta una serie de escamas muy pequeñas, de forma cónica y cubiertas de una sustancia parecida al esmalte. Estas escamas, conocidas como *dentrículos dérmicos*, tienen una estructura y un origen similar al de los dientes.

Su carne no es demasiado comestible, si bien hay ciertas poblaciones que la comen, pero es muy buena si se emplea como fertilizante orgánico.

La especie más peligrosa para el hombre es el jaquetón o tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*).

El ejemplar más grande que se ha capturado medía once metros, pero no se descarta que los haya más grandes todavía.

Como todos los predadores, los tiburones se excitan mucho en cuanto perciben el olor de la sangre, y son capaces de comerse sus propias vísceras si están heridos. En las aguas que rodean las costas australianas constituyen una verdadera amenaza, debido a su presencia persistente; también son frecuentes, aunque en menor número, en las aguas del norte de Estados Unidos y del noroeste de las Islas Británicas. El marrajo (*Isurus oxyrinchus*), al que sólo los pescadores más expertos pueden capturar debido a sus tremendas contorsiones, junto con la tintoreira (*Prionace glauca*) y el tiburón tigre (*Galeocerdo cuvieri*) son especialmente peligrosos para el hombre.

**Reproducción** En todas las especies, la fecundación es interna, es decir, que el macho deposita las células reproductoras en el interior del cuerpo de la hembra, en vez de liberarlas en el agua. La forma de desarrollo del embrión varía, sin embar-





go, según las especies, existiendo tres formas distintas: oviparismo, ovoviparismo y viviparismo. El órgano sexual del macho es una parte modificada de la aleta pélvica, que introduce en el oviducto de la hembra. El esperma llega a la parte interior del oviducto y fecunda los huevos. Durante la fase "uterina", el embrión de tiburón se alimenta directamente por secreciones uterinas.

El sentido que tienen más desarrollado los tiburones es el olfato, y la porción más voluminosa de su cerebro es, precisamente, la que forman los dos lóbulos olfativos, gracias a los cuales "analizan" el agua que les rodea. Se comprende así que estos peces sean capaces de olfatear la sangre a distancias de varios kilómetros.

Cerca de las costas se han ensayado distintos dispositivos anti-tiburón, desde redes de protección para los bañistas hasta soluciones de acetato de cobre, como repelente. En muchos casos, estos sistemas no han funcionado, y según ciertos expertos la única posibilidad de defenderse contra ellos es utilizar el "bastón anti-tiburón", una especie de arpón de madera con una punta metálica.

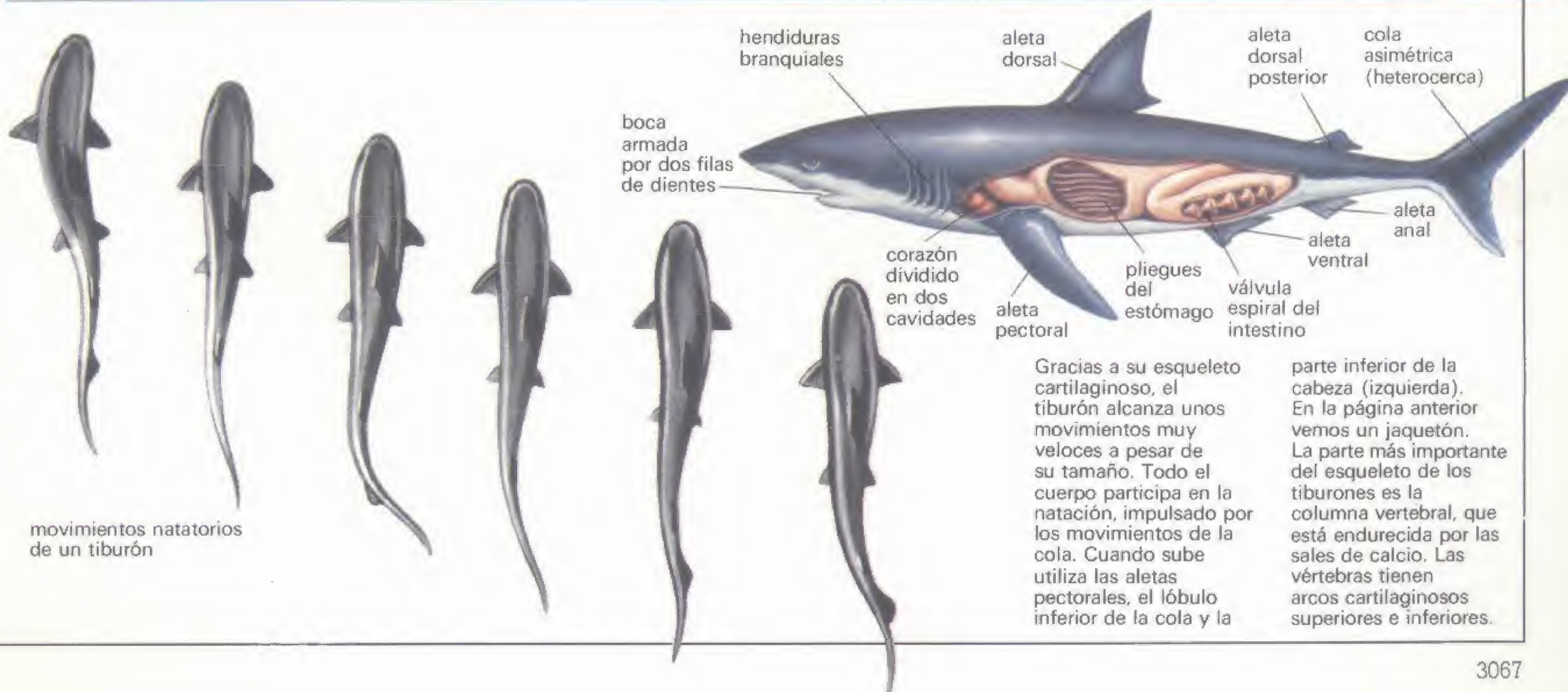
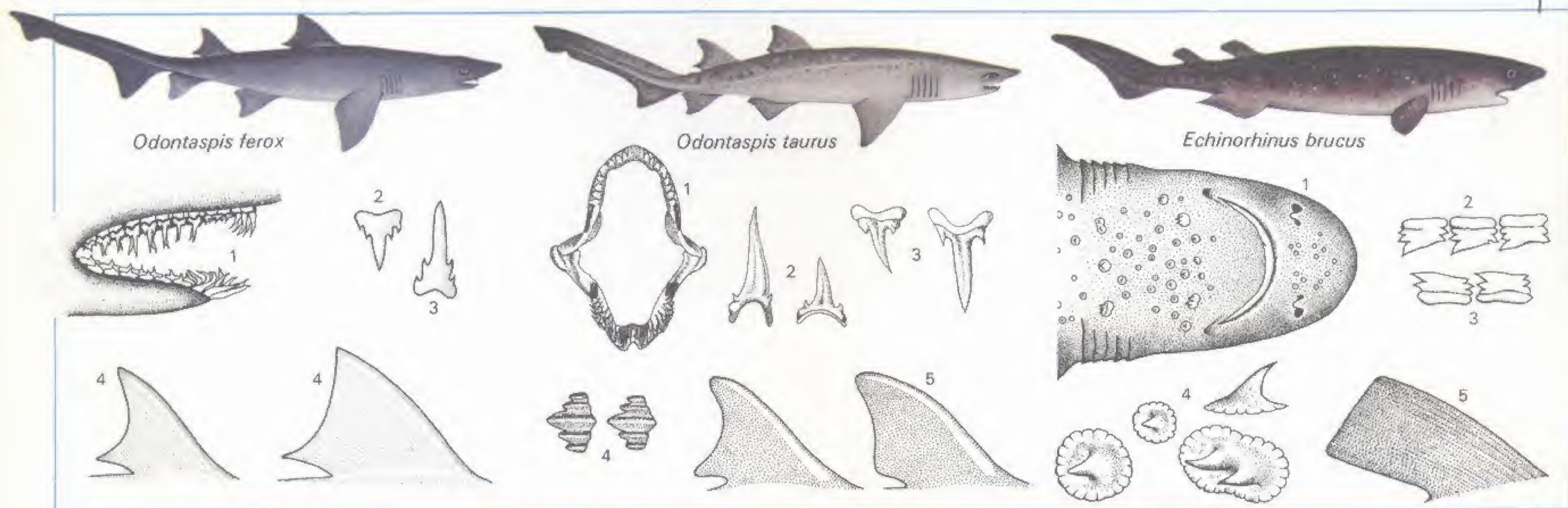
Véase Peces

En los dibujos de aquí abajo, detalles de algunos tiburones: a la izquierda un *Odontaspis ferox* (solrayo), que alcanza los 4 metros y pesa más de 3 quintales; sección de las mandíbulas (1); dientes superiores e inferiores (2 y 3) y aletas dorsales (4). En el centro, *Odontaspis taurus* (pez toro); arcos dentales (1), dientes superiores e inferiores (2 y 3), detalle de las escamas cutáneas (4) y aletas dorsales (5).

A la derecha, *Echinorhinus brucus* (pez clavo). Este curioso tiburón tiene visión ventral (1), dientes no afilados (2 y 3) y escamas cutáneas con unos minúsculos conos huecos (4). Su tosca aleta dorsal (5) hace juego con su silueta poco esbelta, comparada con la de los otros tiburones. La particularidad de los tiburones o escualos reside en un olfato muy fino y, probablemente, en un sistema nervioso muy

desarrollado que capta las vibraciones del agua. Sin embargo, su vista es muy corta, y a duras penas consiguen distinguir los cuerpos en movimiento. En ello reside la posibilidad de salvación para el hombre, ya que si permanece totalmente inmóvil es difícil que los tiburones se den cuenta de su

presencia. Existen unas 250 especies de tiburones, repartidos en una docena de familias. Arriba, el perfil de un pez toro; la posición de la boca obliga a los tiburones a darse la vuelta para atacar a sus presas.



Gracias a su esqueleto cartilaginoso, el tiburón alcanza unos movimientos muy veloces a pesar de su tamaño. Todo el cuerpo participa en la natación, impulsado por los movimientos de la cola. Cuando sube utiliza las aletas pectorales, el lóbulo inferior de la cola y la

parte inferior de la cabeza (izquierda). En la página anterior vemos un jaquetón. La parte más importante del esqueleto de los tiburones es la columna vertebral, que está endurecida por las sales de calcio. Las vértebras tienen arcos cartilaginosos superiores e inferiores.



# Tiempo

Cierto día, un astrónomo daba una conferencia a un grupo de visitantes de un planetario. Entre las numerosas explicaciones y datos que acompañaban su charla mencionó que, según se estimaba, la edad de la Tierra oscilaba alrededor de los 4,6 millones de años y que, probablemente, su existencia se prolongaría todavía durante otro billón de años más, es decir, el tiempo que tardaría nuestro Sol en enfriarse. Al oír estas palabras, un miembro del público, visiblemente excitado, exhortó al orador para que repitiese lo que acababa de decir, por lo que éste volvió a reafirmar lo anteriormente expuesto. Tras esta aclaración, el interpelador, aparentemente tranquilizado, se volvió a sentar exclamando: "Alabado sea Dios; por un momento pensé que había dicho que la Tierra duraría sólo un millón de años".

Aún teniendo clara la diferencia entre un millón y un billón de años, es obvio que son cifras lo suficientemente elevadas como para no despertar una preocupación inmediata en el ánimo de cualquier ser humano; sin embargo, la gran excitación que este dato mal interpretado despertó en ese miembro del público puede servir como ejemplo de la obsesión que,

do, la sucesión de estados que atraviesa una determinada estructura física o, como suelen llamarse, *sucesos*. En definitiva, la medición del tiempo se reduce a una simple comparación de una serie de sucesos con respecto a otras series ya conocidas, como pueden ser las oscilaciones de un péndulo, de un cristal de cuarzo o de un átomo excitado. Si suponemos que, por definición, estas oscilaciones son todas físicamente iguales, es decir, que se repiten periódicamente, podremos establecer una escala de tiempo, sin más que tomar como unidad un múltiplo o un submúltiplo de uno de esos períodos de oscilación y fijar, arbitrariamente, un origen o tiempo cero de la escala, a partir del cual realizar la medición.

Del mismo modo, el estudio de movimientos continuos también nos proporciona un sistema de medida y ordenación de sucesos. El movimiento de rotación de la Tierra en torno a su eje, o el de su traslación alrededor del Sol también permiten establecer una escala de ordenación temporal; bastará con definir que dos intervalos de tiempo son iguales cuando los espacios físicos recorridos son iguales. Se puede, por conveniencia, afirmar que el

y en un tiempo absolutos. El propio Newton, artífice de la Mecánica clásica, señalaba que el tiempo absoluto fluye uniformemente en virtud de su propia existencia y sin referencia a ningún objeto exterior o espacial. De igual manera, el espacio absoluto también tiene su propia naturaleza, existe de por sí, independientemente de los objetos materiales externos. Tanto en el espacio absoluto como respecto al tiempo absoluto, las leyes del movimiento son válidas. La limitación existe en el hecho de que es imposible elegir un sistema de referencia absoluto, tanto para el tiempo como para el espacio: ambos están, por hipótesis, fuera del mundo sensorial. Ante estas conclusiones, Newton tuvo que establecer una distinción entre *tiempo absoluto* y *tiempo aparente*. Mientras que el tiempo absoluto no puede estar sujeto a ninguna variación, el tiempo aparente, en función del movimiento de rotación terrestre o el que simplemente medimos con un aparato de relojería, puede experimentar alteraciones y está sujeto a las imperfecciones e irregularidades de la mecánica del sistema de medición (el reloj puede adelantarse o atrasarse, de igual modo que la rotación terrestre está sujeta



El Sol ha sido desde siempre el principal punto de referencia temporal para el hombre, ya que sugiere la división del día en horas. Para intervalos temporales más largos, el punto de referencia más práctico lo constituye el movimiento lunar, que sugiere la división del año en meses y semanas.

desde siempre, la Humanidad ha sentido por la idea del tiempo.

**La naturaleza del tiempo** Aunque muchos organismos animales y vegetales son portadores de mecanismos internos de precisión, una especie de relojes biológicos, algunos de los cuales se hallan íntimamente ligados al ciclo de rotación terrestre de 24 horas, la conciencia efectiva del tiempo como variable que describe cambios en nuestro mundo físico es, probablemente, una prerrogativa característica y exclusiva del género humano. Según todas las evidencias, los seres humanos son los únicos seres capaces de distinguir entre pasado, presente y futuro, así como también son los únicos conscientes de que la muerte de un organismo constituye el punto final de su vida. Sin embargo, la naturaleza del tiempo y su concepción físico-dinámica son abstracciones que sobrepasan la simple percepción sensorial de un pasado y de un futuro.

El concepto de *tiempo* aparece íntimamente ligado con la medida del movimiento físico; es decir, el tiempo aparece como una variable necesaria para ordenar, según nuestra propia existencia o según un sistema de referencia determina-

intervalo de tiempo transcurrido para que el Sol pase dos veces consecutivas por el mismo meridiano terrestre es un día y de igual modo podemos determinar que el tiempo empleado por la Tierra para pasar dos veces consecutivamente por una determinada posición orbital es un año.

En definitiva, todo procedimiento para medir el tiempo que esté basado en cualquier movimiento periódico de referencia se reduce, en última instancia, a medidas físicas espaciales. Así, para medir el período de un péndulo, es preciso determinar una posición en el espacio y ver cuándo éste vuelve a pasar por ella. Lo mismo sucede con cualquier otro sistema de medida que utilicemos: en definitiva, la medida del tiempo está supeditada, en última instancia, a la medida de espacios físicos.

Sentados estos conceptos sobre las diferentes escalas relativas para la medida del tiempo, veamos cómo ha evolucionado, con el paso de los siglos, el pensamiento filosófico-científico acerca de conceptos tan difícilmente separables como son los de espacio y tiempo.

Según el punto de vista clásico del Universo, los cuerpos materiales se encuentran en movimiento dentro de un espacio

a diversas influencias que pueden alterarla). Newton concibió el tiempo como una sucesión ordenada de sucesos. Sobre estas hipótesis, estableció el concepto de la *simultaneidad absoluta*, según el cual, dos sucesos que son observados simultáneamente por un observador, serán también simultáneos para cualquier otro, independientemente de su estado o situación en el espacio.

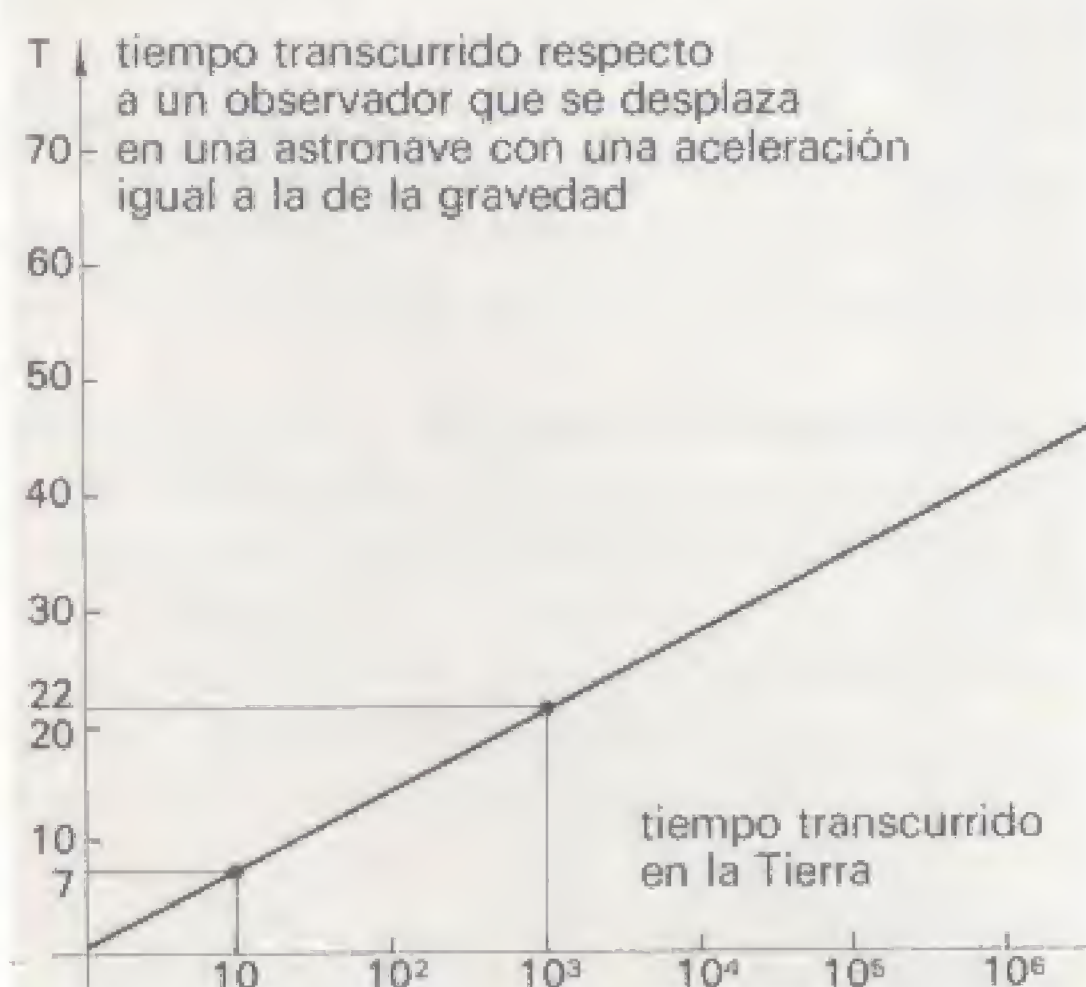
**Las hipótesis de Einstein** Con su Teoría de la Relatividad Restringida, Einstein propuso unas nuevas hipótesis y postulados que hicieron temblar los cimientos de ese sólido edificio que era la Mecánica clásica. La base de su razonamiento parecía lógica: puesto que todo suceso físico acontece en alguna parte y en un momento dado —es decir, posee dos características, una localización en el espacio y una fecha en el tiempo— parece, por tanto, factible la idealización de una variedad abstracta y superior donde cada suceso punto es un mero aspecto parcial o, por mejor definirlo, una instantánea de dicha variedad continua y cambiante. Esa variedad es el conocido *continuo espacio-tiempo* einsteniano. La nueva Geometría que habría de regir dicho espacio estaba basa-



da en el principio de la invariancia de la velocidad de la luz respecto a cualquier sistema de referencia, y en las fórmulas de transformación de Lorentz. Según éstas, la medida del espacio y del tiempo son relativas y dependerán del estado dinámico del observador, es decir, de la velocidad del sistema de referencia utilizado por éste. Esas transformaciones satisfacen el principio, impuesto por Einstein, de la constancia de la velocidad de la luz ( $c$ ) en el vacío y conducen, necesariamente, a considerar la relatividad de la simultaneidad de los sucesos. Según ésta, dos relojes idénticos, situados en dos sistemas inerciales en movimiento relativo, señalarán cada uno un tiempo relativo y propio del sistema. Es decir, Einstein cuestionó el arraigado concepto newtoniano de la simultaneidad absoluta, al afirmar que una serie de sucesos que aparecen como simultáneos para un observador pueden no serlo con respecto a otro.

Resulta además, como consecuencia de las transformaciones de Lorentz, que el tiempo se dilata y el espacio se contrae al ser observados desde otro sistema inercial en movimiento. De acuerdo con esta teoría, si un astronauta del futuro abandonara la Tierra con una velocidad próxima a la de la luz y regresara al cabo de diez años terrestres, podríamos comprobar, asombrados, cómo para el astronauta habría transcurrido tan sólo un año. La teoría einsteniana sobre la dilatación del tiempo ha sido comprobada y ratificada mediante numerosos experimentos realizados sobre la vida media de partículas subatómicas superveloces. Se ha podido comprobar que las partículas que se desplazan con velocidades próximas a la de la luz se degradan o se desintegran más lentamente

En la imagen superior se muestra un reloj de sol portátil. Este precioso instrumento para la medida del tiempo, que frecuentemente aparece sobre los muros de algunas casas solariegas antiguas, ha presentado diferentes versiones a lo largo de su historia. Para su uso es necesario conocer previamente la orientación de los cuatro puntos cardinales en el lugar donde vaya a ser utilizado. A su derecha se observa una vela empleada para medir el tiempo. Fue ideada por los bizantinos, y la homogeneidad en la constitución de la cera y de la mecha permitía que se consumiera de una manera bastante regular, sirviendo como referencia para medir intervalos de tiempo. A la derecha de estas líneas se muestra un reloj astronómico. El arte en la construcción de los relojes alcanzó su máximo apogeo en el siglo XVIII; los diversos cuadrantes que se observan en este modelo marcan el transcurso de las horas, de los días de la semana, las fases de la Luna y otras importantes efemérides. La construcción de estos relojes sigue la tradición italiana, iniciada en el siglo XIV por Giovanni Dondi.



El tiempo no es un ente absoluto. La Teoría de la Relatividad Restringida demuestra que si nos desplazamos en el continuo cuadridimensional espacio-tiempo con ciertas velocidades y aceleraciones, no podremos evitar un cierto desfase temporal con respecto a quien permanezca en un

sistema de referencia en reposo. El diagrama sobre estas líneas muestra el tiempo que transcurre para un hipotético viajero que recorriese el Universo con una aceleración igual a la de la gravedad ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ), en función del tiempo medido por su hermano gemelo, en reposo sobre la Tierra.

te que aquéllas que se hallan en reposo o se desplazan con velocidades pequeñas. Es decir, la velocidad dilata el tiempo.

**Contando las horas** Por lo general, todos los métodos que utilizamos para medir el tiempo son comparativos, es decir, se basan en la confrontación con intervalos de tiempo patrón que se repiten regularmente en ciertos fenómenos. El más inmediato de éstos es la propia rotación terrestre, que, precisiones de detalle aparte, equivale a un día solar. Pero, dado que la duración de un día solar depende de la posición que ocupe la Tierra en su órbita elíptica en torno al Sol, se recurre a una escala, llamada de *tiempo solar medio*, cuya unidad es el *día solar medio* de 24 horas.

Según esta escala se regulan todos nuestros relojes. Basándonos en el antiguo sistema de cómputo de los sumerios, el día solar se divide en 24 horas, cada una de las cuales se subdivide en 60 minutos, y cada uno de éstos, a su vez, en 60 segundos. El día de los sumerios estaba dividido en 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad (el 12 es un submúltiplo de 60), y cada hora en minutos y segundos.

Durante los últimos siglos, los sistemas utilizados para la medición del tiempo han

evolucionado vertiginosamente: se ha recorrido un largo camino desde el primer reloj de péndulo, ideado por el matemático holandés Christian Huygens, hasta los modernos y sofisticados relojes atómicos. Estos últimos se basan en la medición de radiaciones electromagnéticas, extremadamente regulares, que el átomo excitado emite como consecuencia de las transiciones electrónicas entre distintos niveles de energía. Cada transición electrónica da lugar a una determinada emisión electromagnética cuya frecuencia permanece invariable. Ello permite, al igual que se hacía con las oscilaciones del péndulo, disponer de un sistema periódico y muy exacto para la definición de las unidades de tiempo: segundo, minuto, etc. Mientras que los relojes de péndulo alcanzan una precisión de una milésima de segundo al día, los más precisos relojes atómicos pueden alcanzar una precisión de lectura de nanosegundo ( $10^{-9}$  segundos), es decir, pueden arrastrar un error de un segundo al cabo de varios miles de años.

Véase Relatividad, teoría general de la; Relatividad Restringida ( $E=mc^2$ ); Reloj; Reloj de sol; Tiempo astronómico



# Tiempo astronómico

**F**ormamos parte de un mecanismo de relojería tan gigantesco que sus movimientos pueden ser observados diariamente por todos los seres humanos que pueblan nuestro planeta. Aunque carezca de esfera, números y manecillas, este mecanismo es extraordinariamente preciso y su exactitud se ha mantenido inalterable año tras año, milenio tras milenio. Los dos componentes fundamentales de ese fantástico reloj son el Sol y la Tierra.

**La medida del tiempo según las efemérides** Desde los albores de su historia, el ser humano ha sentido la imperativa necesidad de medir el tiempo y de referir su propia existencia al transcurrir de éste. Sus primeros y más inmediatos sistemas de referencia estuvieron, lógicamente, asociados a los movimientos periódicos del Sol y de la Luna. Fue a principios del siglo XX cuando los astrónomos se dieron cuenta de que las aparentes irregularidades en los movimientos de estos dos astros eran, efectivamente, debidas a la naturaleza irregular de la propia rotación de

la Tierra en torno a su eje. Desde el punto de vista astronómico, los sistemas de medida del tiempo basados en la rotación de la Tierra en torno a su eje no resultaban lo suficientemente exactos como para determinar la posición de los distintos cuerpos celestes, es decir, para fijar con precisión sus coordenadas en términos de espacio y tiempo. Era necesario, por lo tanto, encontrar un sistema de medida temporal, preciso e independiente de la rotación terrestre, es decir, un sistema "dinámico." El concepto de dicho sistema dinámico de medida del tiempo se basa en las leyes del movimiento y de la gravitación, publicadas por Isaac Newton en 1687.

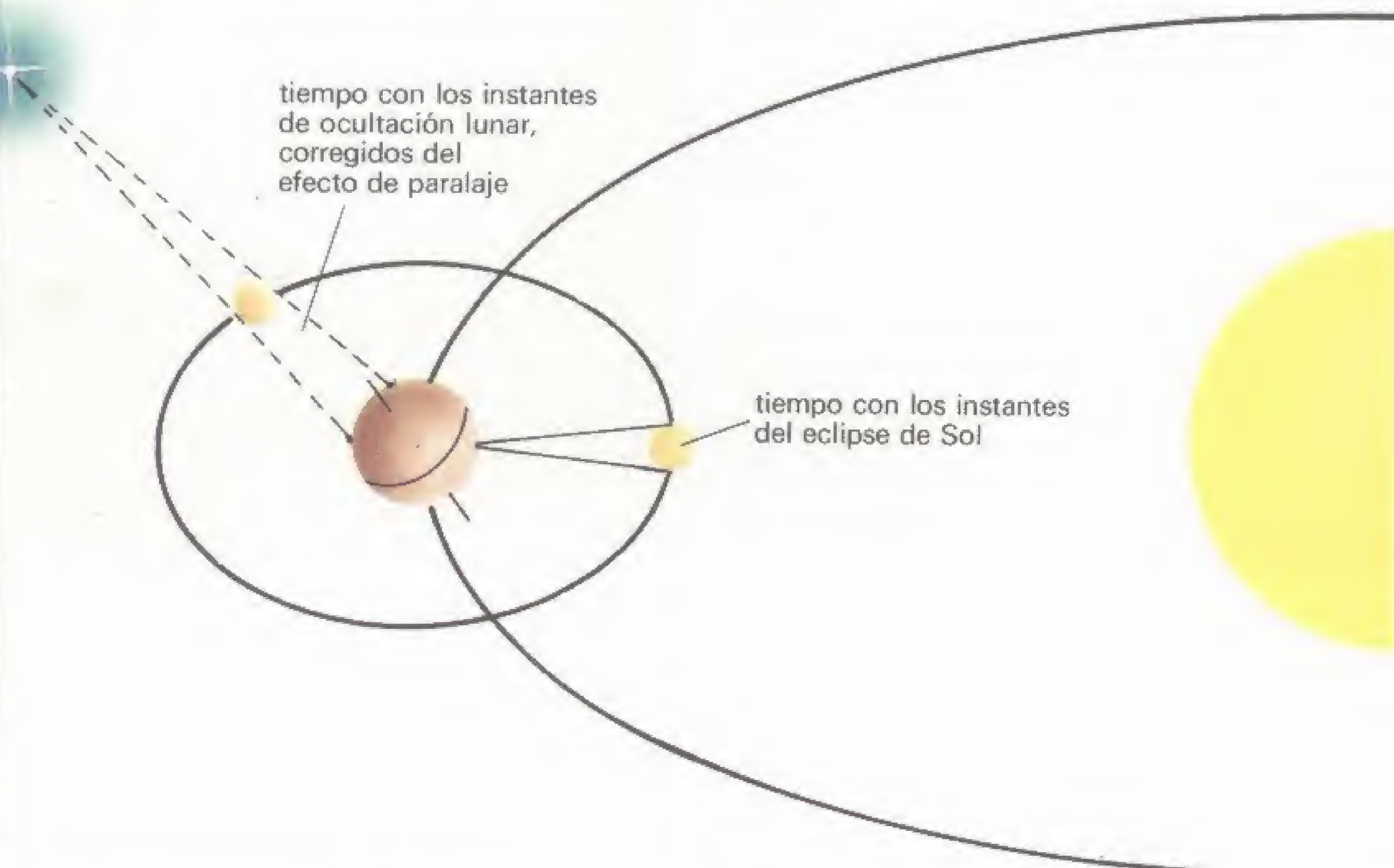
La determinación de la escala de tiempo dinámico se consigue recurriendo a sistemas físicos más sencillos, cuyos movimientos estén estrictamente sujetos a las leyes de la gravitación universal y, por tanto, puedan ser determinados teóricamente con gran exactitud y rigor. De esa forma, se elaboró un sistema de medida temporal basado en el movimiento orbital de los planetas y sus satélites, al que se

Aunque actualmente es posible disponer en un laboratorio de cronómetros mucho más precisos que el propio movimiento de los astros, su funcionamiento resulta seguro sólo para períodos de tiempo relativamente breves. Por tanto, a efectos de llevar un control riguroso del fluir del tiempo para intervalos

muy largos, será necesario disponer los medios adecuados para mantener sincronizados los cronómetros de nuestros laboratorios con el movimiento de los astros. En la página siguiente, un círculo meridiano, que determina el momento exacto del pasaje de un astro por el meridiano local.

denominó *tiempo de las efemérides* (Te). Entre todos los posibles sistemas de referencia, se eligió el de la Tierra en su movimiento de traslación alrededor del Sol, que para un observador terrestre se traduce en el movimiento relativo del Sol en torno a la Tierra. Las efemérides constituyen un catálogo que señala las sucesivas posiciones de los planetas y sus satélites, así como el momento en que las ocupan, respecto a un determinado sistema de referencia. Como consecuencia del movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol, éste último se desplaza, aparentemente, sobre la bóveda celeste hasta que, tras cumplir una revolución completa, regresa a su posición inicial. El intervalo adoptado como unidad de tiempo es el *segundo de las efemérides*, que se define como una fracción del *año trópico*; este último designa el tiempo empleado por el Sol para aumentar su longitud en 360°. Sin embargo, el año trópico no es un intervalo de tiempo que se mantenga invariable y constante, por lo que a efectos de definir rigurosamente el segundo de las efemérides es necesario referirnos a un determinado año trópico. Así, por convenio internacional, el segundo, en la escala de tiempo de las efemérides, se define como la fracción  $1/31.556.925,97474$  del año trópico de 1900 (año trópico estándar). Las tablas de Newcombe registran las coordenadas del Sol, respecto a un sistema de estrellas fijas, para momentos sucesivos del año trópico.

**Las efemérides lunares** Una segunda escala de tiempo de las efemérides puede referirse al movimiento de revolución de la Luna en torno a la Tierra. Esta se basa en el período orbital de la Luna, es decir, el tiempo que ésta emplea en realizar una revolución completa en torno a la Tierra.



La comparación entre el tiempo marcado por los cronómetros y el determinado por el movimiento de los astros se efectúa aprovechando el movimiento de rotación de la Tierra y mediante un instrumento llamado círculo meridiano, que es capaz de determinar, con gran precisión, el momento en que el astro de referencia pasa por el meridiano del lugar. El movimiento de rotación



de la Tierra proporciona, además, un segundo tipo de reloj: es el llamado lunisolar, que se rige por el movimiento combinado de la rotación terrestre con el movimiento lunar. Pero, mientras que una estrella pasa diariamente por el meridiano del lugar, el movimiento combinado Luna-Tierra es más complejo, y por lo tanto, la lectura del reloj lunisolar es más difícil. Un eficaz



elemento de control del movimiento de la Tierra en torno del Sol lo constituyen los eclipses. En efecto, cuando uno de éstos, sea lunar o solar, tiene lugar, los tres astros, Sol, Tierra y Luna se alinean perfectamente, de forma análoga al alineamiento de las manecillas de un reloj que se superponen exactamente en la posición correspondiente a las 12 horas. Para determinar

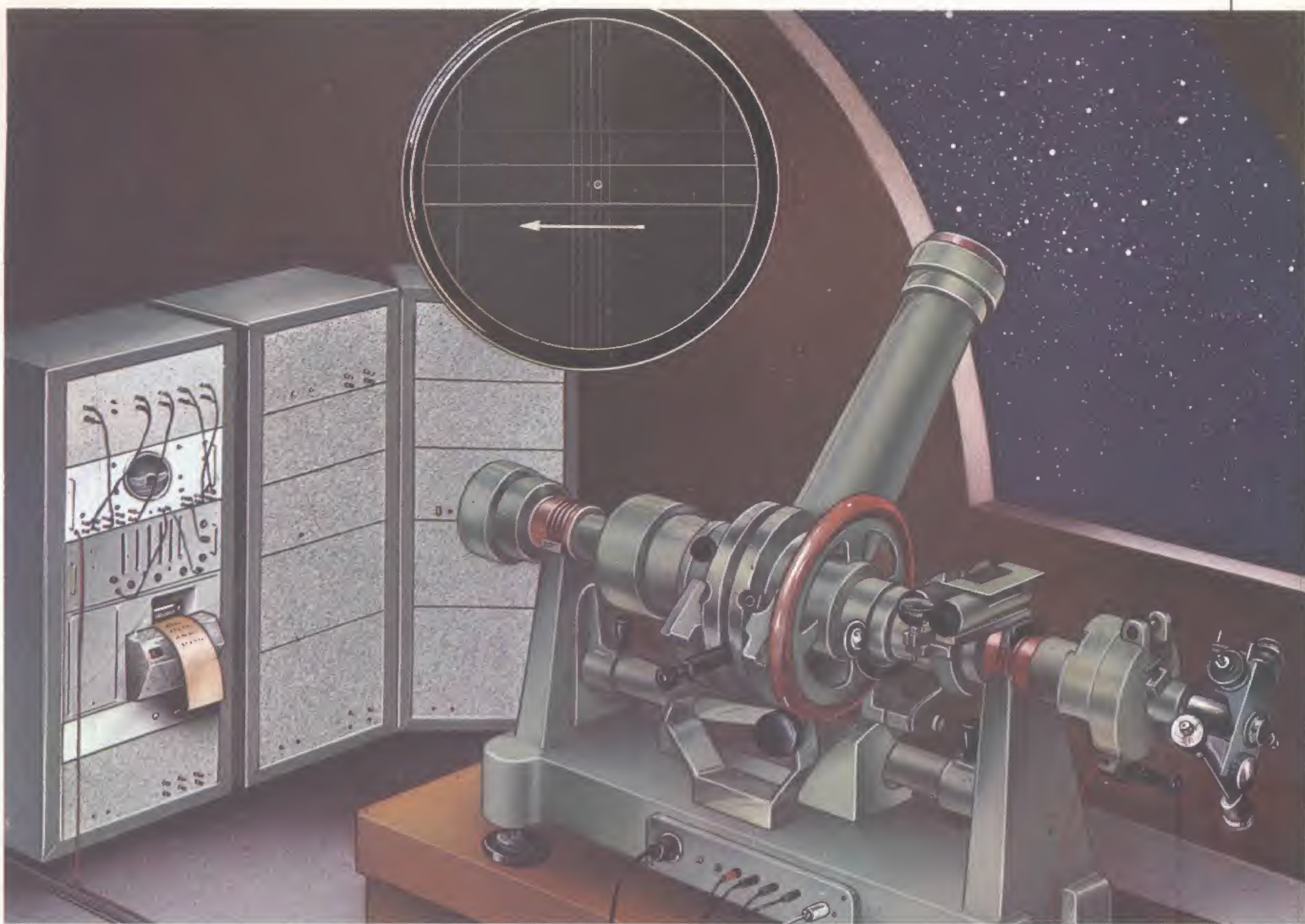


momento exacto del eclipse, se cronometran los instantes en que tienen lugar los contactos, es decir, cuando los discos de ambos astros entran, aparentemente, en contacto. Sin embargo, los eclipses de Sol son bastante poco frecuentes y la mayoría de las veces, sólo son observables desde determinados puntos del globo, por lo que su observación requiere, a menudo, largos

desplazamientos y costosas expediciones. Por el contrario, casi todas las noches puede observarse la ocultación de alguna estrella por parte de la Luna. El astrónomo que quiera medir el tiempo transcurrido sólo tendrá que señalar el instante en que la estrella comienza a ser ocultada por el disco lunar y el instante en que reaparece. En el centro de la página

puede verse un eclipse solar. En un instante distinto y con la Luna en otra posición, se produce la ocultación de una estrella. Esta tendrá lugar en momentos distintos, según sea la posición que ocupe el observador en el paralelo terrestre. Los datos obtenidos serán utilizados posteriormente para controlar el movimiento de la Tierra en torno del Sol.





Este período orbital de la Luna es muy pequeño con respecto al de la Tierra (27,33 días frente a los 365,24 días del período orbital terrestre), pero al ser la Luna menos luminosa que el Sol, su posición con respecto a un sistema de estrellas fijas resulta más cómoda a la hora de ser calculada. El inconveniente más inmediato que nos plantea el uso de esta escala consiste en que las efemérides lunares no son tan precisas como las solares; en efecto, la alta elipticidad de la órbita lunar y la intensidad de la fuerza gravitacional a que está sujeta influyen sensiblemente en su movimiento de giro en torno a la Tierra. Esto da lugar a que, muy frecuentemente, las efemérides lunares tengan que ser corregidas de acuerdo con las efemérides solares. Tanto el tiempo deducido a partir de las efemérides solares como de las lunares tiene aplicación exclusiva en el campo de la Astronomía.

**El tiempo según la rotación terrestre: tiempo sidéreo y tiempo solar** Otro fenómeno celeste que tiene lugar con regularidad y que, por lo tanto, puede servirnos como base para la determinación de una nueva escala temporal, lo constituye la propia rotación de la Tierra en torno a su eje. Existen dos sistemas o escalas de

tiempo basadas en la rotación terrestre; la escala de tiempo sidéreo y la de tiempo solar. En la escala de *tiempo sidéreo*, se mide la rotación de la Tierra con respecto a un sistema de estrellas fijas y en ella se define el día sidéreo como el intervalo de tiempo transcurrido entre dos culminaciones superiores consecutivas del *equinoccio* sobre el meridiano del lugar. En la escala de *tiempo solar*, el punto de referencia utilizado para determinar cuándo la Tierra cumple una rotación completa en torno a su eje es el propio Sol; de esta forma, el *día solar* se define como el intervalo de tiempo necesario para que el centro del Sol pase dos veces consecutivas por el meridiano local. Sin embargo, no hemos de olvidar que, simultáneamente al movimiento de rotación de la Tierra, esta última se desplaza en su órbita alrededor del Sol, dando lugar a un desplazamiento aparente de este último en dirección hacia el este. Como consecuencia de esa combinación de movimientos, el día sidéreo es algo más corto que el día solar, unos 4 minutos, aproximadamente. Pero en la realidad, las cosas se hacen más complicadas ya que no todos los días solares tienen la misma duración. Como es sabido, la órbita descrita por la Tierra en su movimiento alrededor del Sol coincide con una elipse,

en uno de cuyos focos se encuentra este último. Por otra parte, sabemos (segunda ley de Kepler) que la velocidad orbital de la Tierra no es constante y que depende, en cada punto, de la distancia entre ésta y el Sol. Pues bien, cuando la Tierra se encuentra en su perihelio orbital (el punto de su órbita más próximo al Sol), el Sol aparenta moverse más rápidamente sobre el telón de fondo que constituye la bóveda celeste, mientras que cuando la Tierra se encuentra en su afelio, es decir, en la posición de su órbita más alejada del Sol, el movimiento aparente de este último se hace más lento. En consecuencia, el día solar verdadero es más largo en el perihelio que en el afelio. A efectos prácticos y para simplificar la ordenación del tiempo, se utiliza el *día solar medio*, que es el valor medio de las duraciones de todos los días solares verdaderos del año. El día solar medio, que coincide con el que miden nuestros relojes, es el que marca la vida práctica de la sociedad. Se divide en 24 horas, la hora se divide en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos. El tiempo sidéreo es utilizado principalmente en Astronomía.

Véase **Astronomía**



# Tiempo atmosférico

**L**os antiguos pueblos y civilizaciones desconocían el origen de la lluvia, la procedencia de los vientos y, en general, de todos los fenómenos que tienen lugar en las regiones bajas de la atmósfera terrestre. Hasta el siglo XVII, en que aparecieron los primeros instrumentos fiables de medida de parámetros físicos del aire, el conocimiento del tiempo y su previsión en un futuro inmediato sólo podía realizarse mediante una detallada observación del cielo, sin poder establecer más que de una manera cualitativa los rasgos climatológicos de una localidad.

El tiempo atmosférico tiene su origen último en factores astronómicos: el eje de rotación de la Tierra no es perpendicular al plano que forma la propia Tierra en su movimiento alrededor del Sol (plano de la eclíptica). Por esta razón, las distintas regiones del planeta reciben un aporte de calor distinto en cada época del año, lo

que origina masas de aire de muy distinta temperatura, humedad y presión, que se ponen en movimiento para restablecer el equilibrio térmico de la atmósfera. El efecto de la rotación terrestre y las variaciones día/noche se superponen para configurar una complicada distribución de vientos y sistemas de presiones, responsables de los cambios de tiempo, tan difícilmente predecibles en épocas pasadas.

**Masas de aire. Clasificación** Contrariamente a lo que podría pensarse, el aire de las capas bajas de la atmósfera se encuentra formando grandes masas o bolsas, cada una con unas características físicas uniformes, pero muy distintas entre sí, separadas por una brusca superficie de discontinuidad, en general perfectamente definida, y de gran importancia en el estudio del tiempo atmosférico. Las masas de aire adquieren sus propiedades en re-

giones del globo conocidas como *regiones fuente*, caracterizadas por la presencia de aire en reposo y por una distribución uniforme de temperatura y humedad. Tal es el caso de las regiones polares cubiertas de nieve, los mares tropicales o los desiertos. Las masas se denominan polares o tropicales en función de dónde se encuentren sus regiones fuente. A su vez, cada una de esas masas puede subclasificarse como continental o marítima. El aire polar continental tiene su origen en regiones como Siberia y Canadá en invierno, y es frío, muy seco y estable. El polar marítimo se origina en los océanos, a latitudes superiores a 50°, siendo frío, bastante húmedo e inestable. El tropical continental es característico de las regiones desérticas existentes a latitudes bajas, como el Sahara y los desiertos de Australia, aunque también se puede producir en verano en México y en el sur de Esta-

En la fotografía de la derecha se aprecian los pilares del puente Golden Gate, en la bahía de San Francisco (EE UU), que sobresalen por encima de un estrato de niebla, el cual se origina por la condensación del vapor de agua en las capas bajas de la atmósfera; en este caso, la niebla es muy espesa en los estratos más bajos, mientras

que prácticamente no existe en los estratos superiores, donde la visibilidad se hace totalmente clara y nítida. En la imagen bajo estas líneas, paisaje con cielo cubierto, con nubes del tipo denominado cumuloestratos, que se desarrollan en situaciones de fuerte calentamiento del aire y moderada inestabilidad atmosférica.



dos Unidos. El aire que las compone es seco, cálido e inestable. Las masas formadas por aire tropical marítimo se originan en los mares subtropicales, son cálidas, húmedas e inestables en la superficie, aunque en altura el aire es estable y seco. Por último, existe un tipo no incluido en la anterior clasificación, que se origina en invierno sobre la Antártida y el Polo norte: son las masas de aire más frío y, por tanto, más estable. Debido a su baja temperatura, el contenido de vapor de agua en su seno es muy pequeño.

Los movimientos de estas masas de aire sobre la superficie terrestre, resultado de su diferencia de temperatura y, en consecuencia de presión, son los causantes de los cambios de tiempo.

**Frentes cálidos y frentes fríos** En Meteorología se denomina *frente* a la superficie ideal de discontinuidad existente entre dos masas de aire de propiedades distintas. Son zonas de inestabilidad que llevan asociadas nubosidad y, frecuentemente, precipitaciones, tanto más importantes cuanto mayores sean las diferencias de temperatura y humedad. Un frente se denomina frío cuando una masa de aire frío empuja y desplaza un aire más caliente. El aire frío, más pesado, penetra como una cuña por debajo del aire caliente, obligándolo a elevarse, enfriándose a medida que asciende, hasta que comienza la condensación del vapor de agua que







En la fotografía de la izquierda se muestra uno de los fenómenos más espectaculares de luz y sonido que ofrece la Naturaleza, una *tormenta eléctrica*. Las violentas corrientes ascendentes de aire que se producen en el interior de algunos tipos de nubes, especialmente cumulonimbos, hacen que éstas se comporten como un gigantesco generador electrostático. El campo eléctrico atmosférico, que en una situación normal tiene un radar de 120 a 150 voltios por metro, se incrementa vertiginosamente al concentrarse cargas positivas y negativas en distintas partes de la nube, hasta alcanzar un valor próximo al medio millón de voltios; diferencias de potencial tan enormes dan lugar a espectaculares destellos que denominamos rayos y relámpagos.

En los primeros, las descargas tienen lugar entre las partes bajas de la nube —cargadas negativamente— y la superficie de la tierra, cargada positivamente, mientras que en los relámpagos las descargas se producen en el interior de la nube o entre nubes próximas. Durante la descarga eléctrica se transportan miles de amperios de corriente en una pequeña fracción de segundo, haciendo que el aire circundante alcance temperaturas de decenas de miles de grados, que provocan su incandescencia en forma de una luz cegadora y produciendo a la vez un ensordecedor estallido —consecuencia de la violenta expansión—, que puede oírse en varios kilómetros a la redonda y que conocemos como *trueno*. Como el sonido viaja a menor velocidad que la luz, el observador de una tormenta verá primero el rayo y pocos segundos después oír el trueno.

contiene en estado gaseoso, formando una zona nubosa que se extiende a lo largo del frente y que da lugar a precipitaciones. Los vientos en los frentes de este tipo son fuertes y en ellos se producen cambios bruscos de dirección. Después de su paso, el aire es limpio, con cielos generalmente claros.

Cuando es una masa cálida la que desplaza en su movimiento a un aire más frío, se forma un frente cálido en la superficie de separación de las dos masas. La menor densidad del aire caliente hace que éste

se eleve, deslizándose sobre la masa fría. De nuevo es sobre el aire caliente donde se produce la nubosidad, ya que ésta es el resultado del enfriamiento del aire que se eleva. El avance del frente se produce de forma suave; inicialmente aparecen formaciones cirrosas muy altas, que lentamente se van transformando en altoestratos para, más adelante, convertirse en los cúmulos portadores de lluvias.

En el Hemisferio norte, los frentes barren la superficie en sentido oeste-este a latitudes medias, entre 40° y 60°, con una

clara dependencia estacional, desplazándose hacia latitudes más altas durante el verano, permitiendo a toda la zona mediterránea disfrutar de una estación estival estable y seca, con pocos cambios de tiempo, que es el elemento más característico del denominado clima mediterráneo, que, a pesar de su nombre, no es privativo de esta zona.

Véase **Atmósfera; Barómetro; Clima; Lluvia; Meteorología, previsión; Niebla; Nubes y atlas de nubes**



La fotografía situada sobre estas líneas pone claramente de manifiesto una de las principales características de las zonas desérticas y semidesérticas: la limpieza y transparencia del aire debidas a un régimen de altas presiones y, por tanto, de estabilidad absoluta o casi absoluta.

A partir de la observación de las formaciones nubosas, puede extraerse una importante información sobre el estado de la

atmósfera. En la parte superior derecha se observa un cielo cubierto de nubes del tipo *Cumulus mediocris*, con escaso desarrollo vertical. Las diferencias entre los distintos tipos de nubes cumuliiformes se indican mediante un sistema de numeración: las cifras más bajas corresponden a las nubes de menor espesor y las más altas a nubes más desarrolladas y de gran espesor. A la derecha, abajo, se puede observar un

ejemplo de *Altostratus opacus radiatus*, llamado así por su aparente estructura rayada: son nubes que se forman a altas cotas de la atmósfera, constituidas generalmente por cristales de hielo. Su desarrollo es tal que no dan lugar a precipitaciones. Los altoestratos son de color gris, y se forman generalmente durante el ascenso de una masa de aire de gran extensión. Suelen formar capas espesas que apenas dejan entrever el Sol.

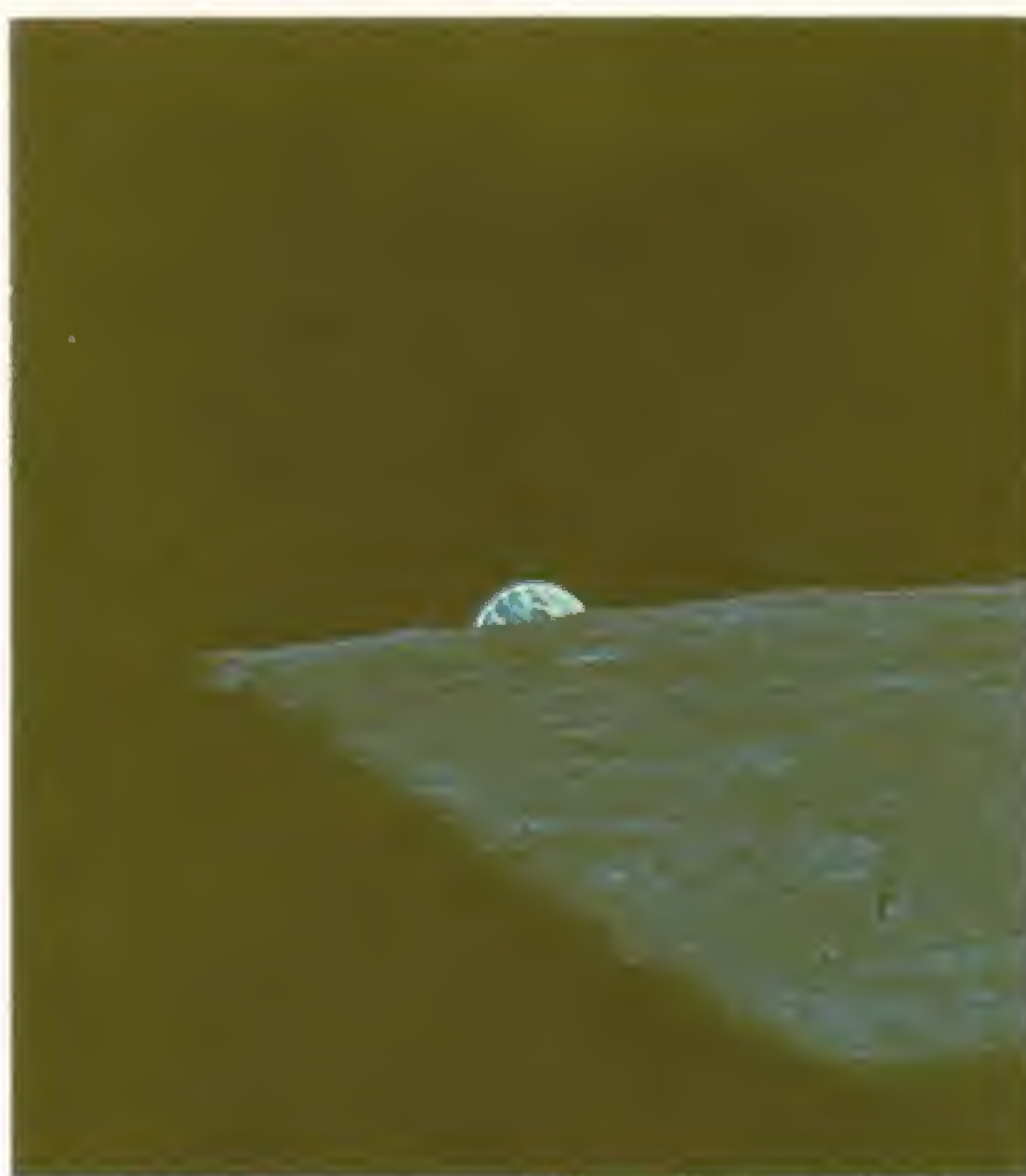




# Tierra

**P**erfilar la imagen real de un objeto resulta, en último caso, un problema de perspectiva. La posición del observador con respecto al objeto que se observa cambia la percepción que de éste pueda obtenerse; la Tierra misma, vista desde la cima de una montaña, aunque esta última sea muy alta, parece una figura plana. De hecho, numerosos pensadores de la antigüedad creían que la Tierra era una superficie plana que descansaba sobre los lomos de cuatro elefantes, que, a su vez, se erguían sobre el caparazón de una gigantesca tortuga. A lo largo de toda su existencia, el hombre ha dirigido su mirada al cielo, observando cómo el Sol brillante lo recorría durante el día para dejar paso, durante la noche, a otro astro más pálido pero también bañado por su luz: nuestro único satélite, la Luna.

Los antiguos griegos habían llegado a la conclusión de que la Tierra, al igual que el Sol y la Luna, tenía que ser esférica. En el siglo II d. de C., el geógrafo y astrónomo egipcio Ptolomeo proclamó una nueva teoría según la cual la Tierra era un astro con una forma esférica perfecta y situado en el centro del Universo, es decir, se consolidó el concepto geocéntrico del mundo al suponer que tanto el Sol como el resto de los planetas próximos conocidos describían órbitas circulares en torno a nuestro planeta. Tendrían que transcurrir catorce siglos para que Copérnico propusiera y demostrara la validez de un nuevo concepto (heliocéntrico) de la mecánica celeste: el Sol pasaba a ser el centro del sistema, mientras que la Tierra y los demás planetas giraban alrededor del



mismo en órbitas prácticamente circulares. Nuestro planeta, en orden a la distancia creciente al Sol, ocuparía el tercer lugar en esta nueva representación del Sistema solar, como en efecto sucede.

La renuncia a la idea de que la Tierra constituía el centro del Sistema solar y del Universo asestó un golpe tremendo al

egocentrismo y a la vanidad humana, y, como se lamentaba el poeta John Donne, en el siglo XVII, se llegó a poner en tela de juicio todo lo que el hombre, a lo largo de siglos, había interpretado y dogmatizado, sobre todo en los planos filosófico y religioso. Sin embargo, este acontecimiento sentó una base firme para el posterior de-





En la página anterior, arriba, dos perspectivas de la Tierra vista desde la Luna: a la izquierda, mientras asoma en el horizonte, y, a la derecha, ya sobre el horizonte, vista con teleobjetivo. En el centro de las dos páginas, se muestra la posición que ocupa la Tierra en el Sistema solar. Las distancias entre los planetas no guardan la debida proporcionalidad, con objeto de que puedan apreciarse las órbitas de los planetas menores. En la página anterior, abajo, evolución de nuestro planeta: de

izquierda a derecha, en la figura 1) el planeta aparece inicialmente como un cúmulo de masa gaseosa y polvo; en 2) el protoplaneta ya está formado, es fluido y desprende gases; en 3) a pesar de haber descendido notablemente la temperatura, todavía no se han formado la atmósfera y el agua; en 4) la atmósfera y los mares ya se han constituido, empiezan ya a esbozarse las formas de los continentes; en 5) se muestra el estado actual del planeta, y las tierras emergidas presentan el aspecto que hoy conocemos.

gular, o de rotación, no es constante, sino que va ralentizándose con el pasar de los años.

**El planeta azul** Vista desde el espacio, la Tierra se muestra como un planeta de color azul muy vivo, entremezclado con el blanco de los grandes estratos de nubes que impiden la visibilidad de casi la mitad de su superficie. Una observación más atenta revela, sin embargo, la variedad de gamas en azul, amarillo y verde, correspondientes al color del agua de los océanos, de las rocas y de la vegetación. Las superficies de nuestros planetas vecinos, Mercurio, Venus y Marte, son completamente distintas. Mercurio, que es el planeta más próximo al Sol, presenta un movimiento de rotación muy lento, y su superficie aparece ante un observador

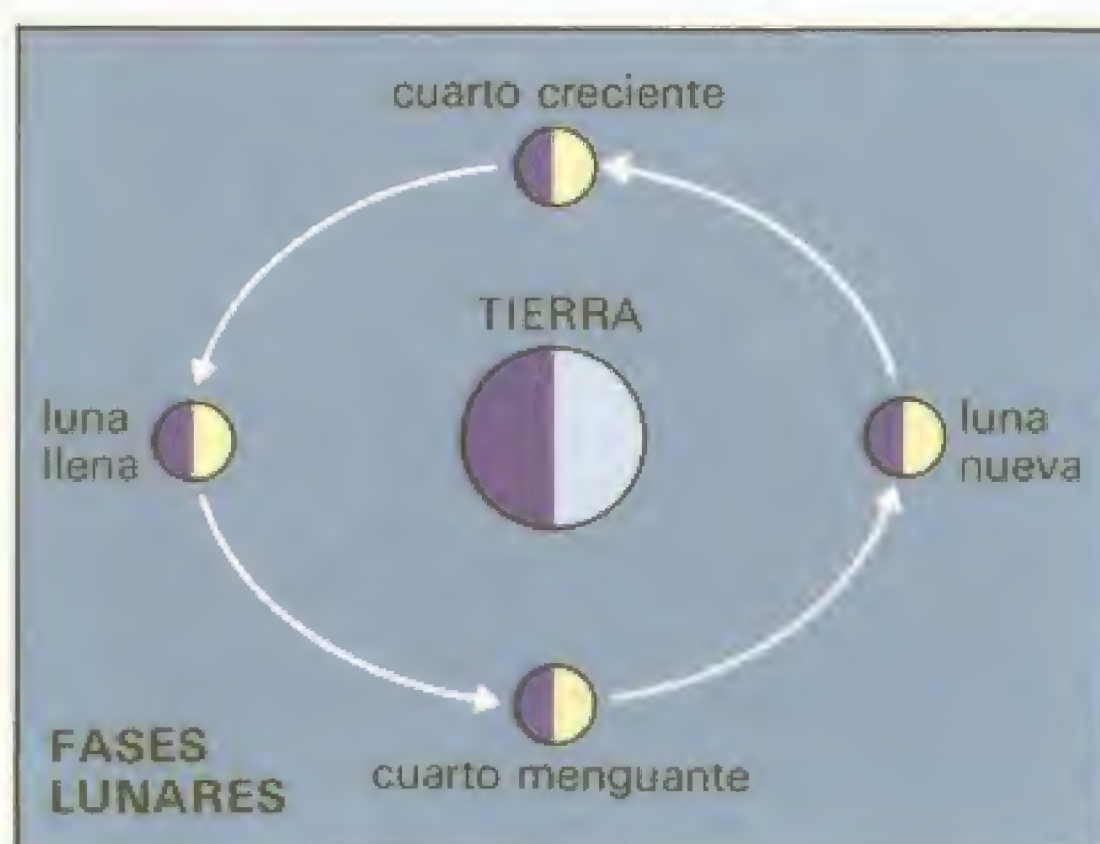
sus órbitas, hace unos 4.600 millones de años. Prácticamente todos los volcanes, que hace miles de millones de años cubrían de lava sus superficies, hace tiempo que quedaron dormidos e inactivos y sólo la acción continua de los meteoritos ha alterado la fisonomía de estos gigantes macizos, hoyando sus superficies con cráteres de diferentes dimensiones, resultado de las violentas colisiones contra las mismas. También es probable que la Tierra fuese en el pasado blanco, aunque en mucha menos proporción, de estos proyectiles espaciales; sin embargo, sus huellas materiales y los efectos de sus impactos sobre la superficie de nuestro planeta debieron quedar totalmente sepultados bajo los estratos sedimentarios de formación posterior. Las manchas que pueden apreciarse a simple vista sobre la superficie de



sarrollo y conocimiento objetivo del hombre y de su medio.

**Un elipsoide achatado** La forma de la Tierra sólo pudo ser confirmada experimentalmente hacia mediados del siglo XX, cuando los primeros satélites artificiales enviados al espacio obtuvieron fotografías de la misma desde grandes alturas.

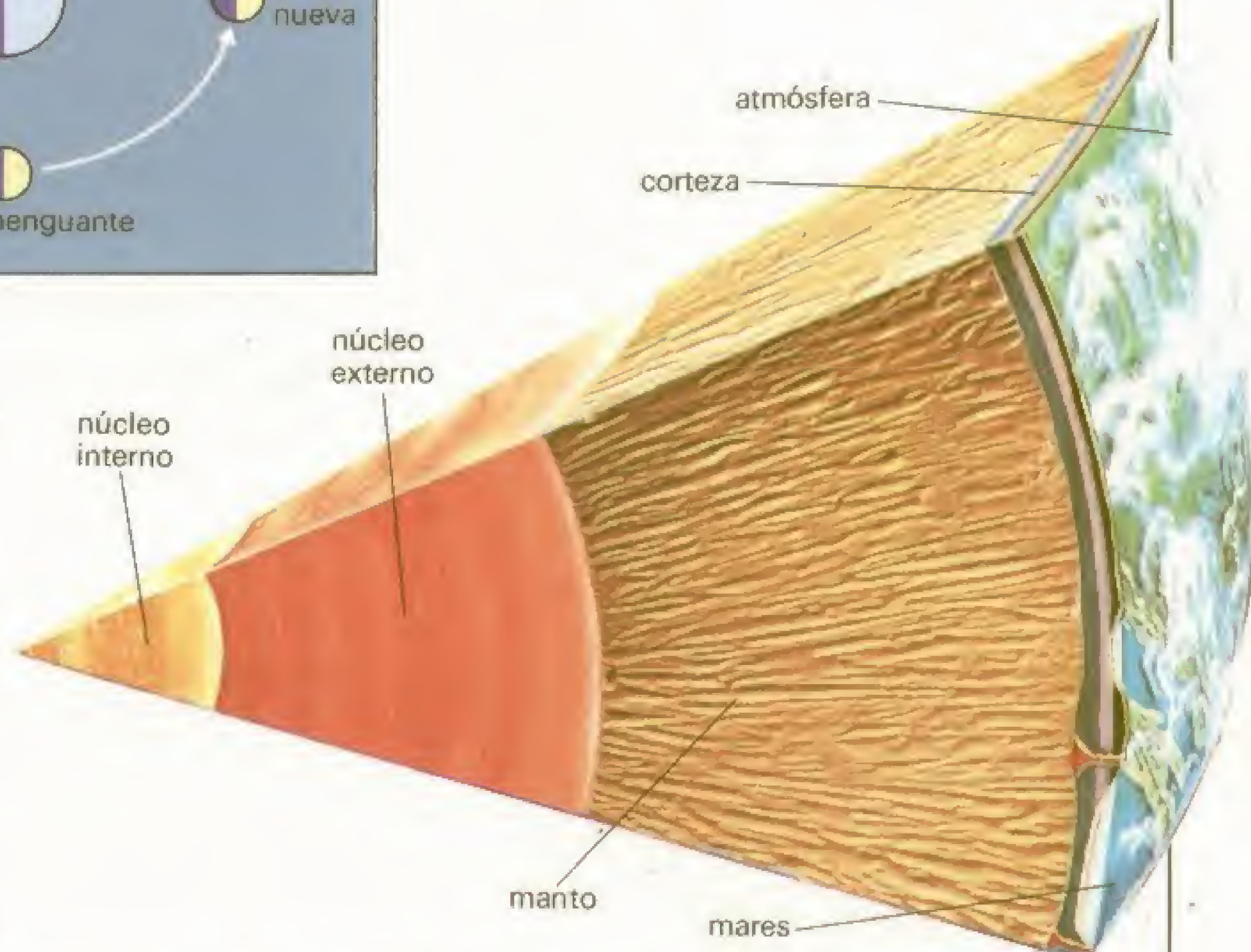
\*Esta forma, ya conocida con anterioridad a partir de precisas medidas geodésicas y topográficas realizadas sobre la superficie terrestre, corresponde a la de una esfera, ligeramente achatada en los polos y abultada en el Ecuador como consecuencia del efecto combinado de la fuerza gravitacional y del movimiento rotatorio sobre sí misma. Así, en el Ecuador, el diámetro de la Tierra es de 12.755 km, mientras que en los polos se reduce a 12.713. Es decir, los polos se encuentran unos 21 km más cerca del centro de la Tierra que cualquier punto del Ecuador. La superficie terrestre tiene casi 500 millones de km cuadrados, entre océanos y continentes. Nuestro planeta se traslada siguiendo una órbita elíptica alrededor del Sol, con una velocidad de 29,80 km por segundo y cumpliendo una órbita completa cada 365,25 días. Simultáneamente, la Tierra gira en torno a su eje polar, invirtiendo en cada rotación completa sobre sí misma un período de un día, o más exactamente de 24 h 3 min. 57 s. Este movimiento de rotación de la Tierra es, como sabemos, el causante de los días y las noches, al quedar los puntos de su superficie alternativamente expuestos y ocultos a la luz solar. La duración del día, o período de rotación, varía imperceptiblemente con el tiempo: aumenta casi 30 segundos cada siglo debido a que la velocidad an-



Arriba, el sistema Tierra-Luna. Desde la Tierra, se aprecian los distintos grados de iluminación del satélite, según su posición relativa al planeta. Por la misma razón, si observáramos la Tierra desde la Luna, también mostraría fases. A la derecha, sección hipotética del interior terrestre: la atmósfera, la corteza y los mares. Por debajo, el manto, que los geólogos subdividen en superior

e inferior. Se comporta plásticamente en caso de deformaciones lentas, de largo período, mientras que muestra gran rigidez respecto a la

propagación de las ondas sísmicas. Más al interior aparece el núcleo que, debido a la gran presión, vuelve a hacerse rígido en la parte más interna.



como la de un desierto estéril y vacío. Venus, que se encuentra a una distancia del Sol equivalente a las dos terceras partes de la que existe entre éste y la Tierra, presenta un aspecto amenazador, similar a un lago rojo y amarillo, bajo un denso cielo ocre. Marte, cuya distancia al Sol es 1,5 veces la de la Tierra, aparece como una playa desierta y surcada de extraños canales.

Las superficies de estos planetas han sufrido pocas variaciones desde el momento en que se formaron y estabilizaron

la Luna, así como, la mayor parte de las irregularidades que presentan las superficies de los otros planetas del Sistema solar, son, en su mayor parte, el resultado de las colisiones, en un pasado remoto, con grandes meteoritos. Las características topográficas de la Tierra se encuentran, todavía, en fase evolutiva; los movimientos internos que se observan en nuestro planeta, algunos esporádicos (sísmicos, volcánicos, etc.) y otros lentos y continuos (desplazamientos continentales, etc.), son sig-

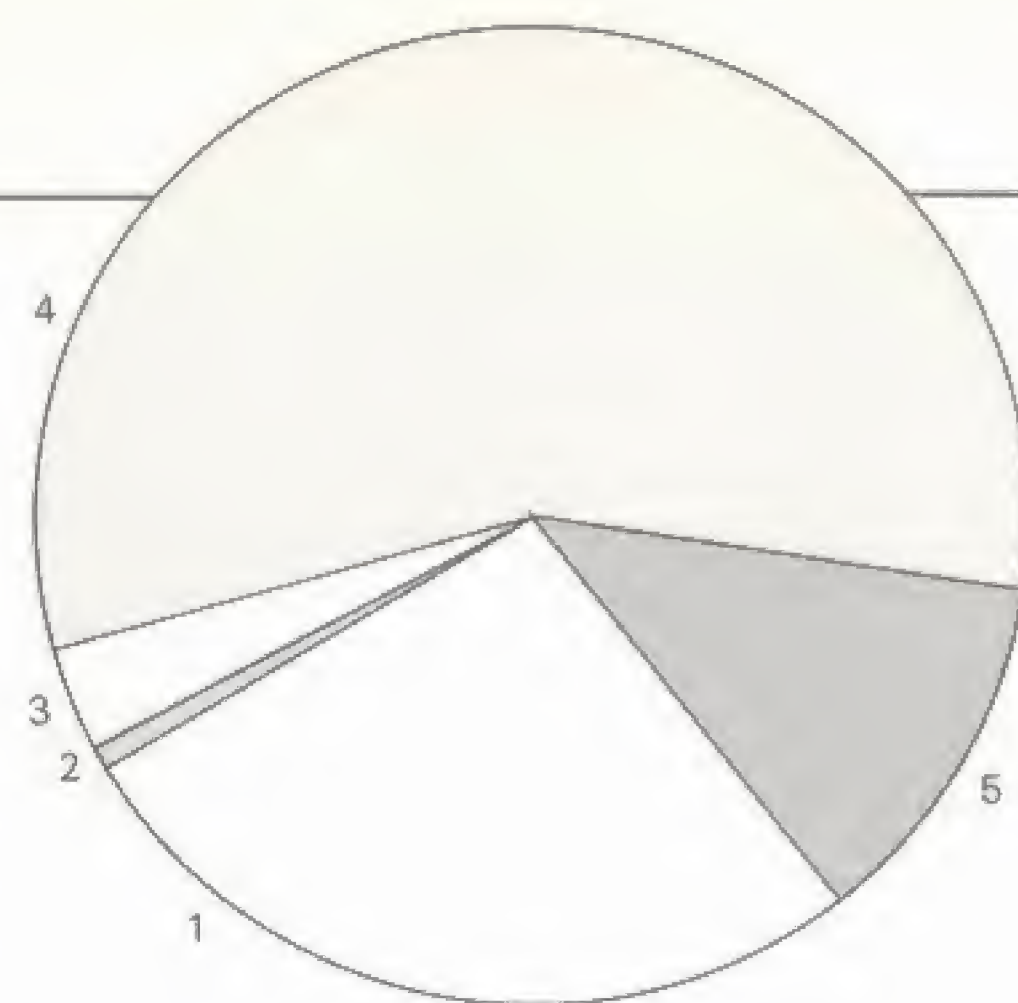


nos inequívocos de un proceso, aún latente y activo, de conformación geológica. La actividad sísmica que incesantemente se detecta en diversos puntos del globo indica que la corteza terrestre, con una edad equivalente a la mitad de la del Sistema solar, sigue en movimiento y que todavía no ha alcanzado un estado final de asentamiento. Esto la distingue del resto de los planetas y cuerpos menores (satélites naturales), cuya dinámica interna es débil o inexistente.

**Dinámica de placas** El comediógrafo Georg Buckner decía, en el siglo XIX, que la "Tierra es una corteza delgada, muy delgada", y aunque estas palabras correspondan a una observación poética más que a un hecho geológico, no dejan de tener una base real, ya que, en efecto, la corteza de nuestro planeta es verdaderamente del-

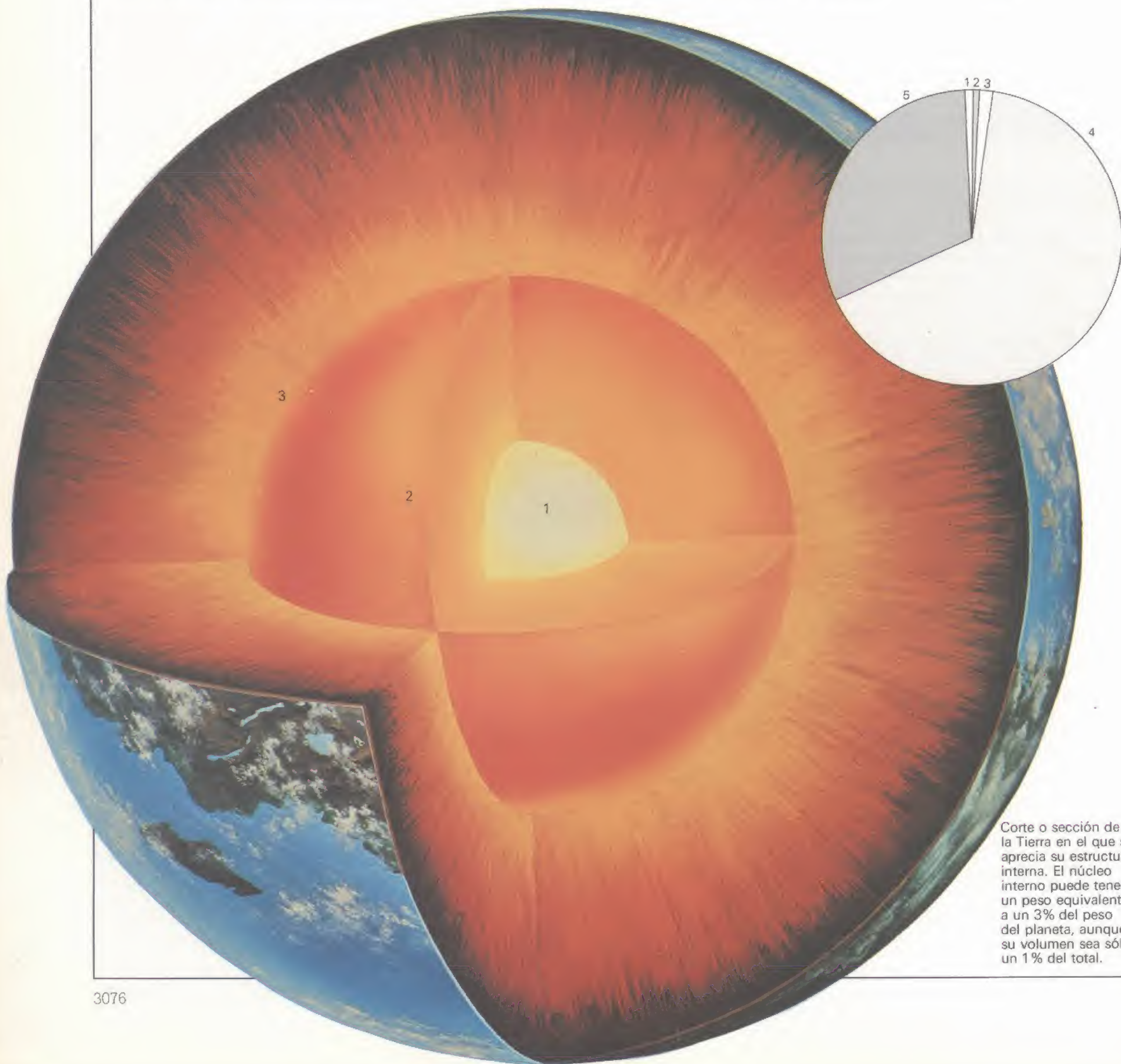
gada y frágil. Se extiende hasta una profundidad de 5-15 km por debajo del fondo oceánico, y hasta 30-55 km por debajo de las masas continentales. Esta corteza consiste en una especie de cascarón, un envoltorio fragmentado en una docena de grandes placas que lo integran como si fuesen piezas de un gran mosaico. Estas piezas se fracturan y se desplazan entre sí con movimientos muy lentos, que se traducen a la postre en fenómenos espectaculares, como la formación de montañas y el cierre o apertura de grandes cuencas oceánicas.

Las placas tienen una estructura compleja, y están formadas, en la mayoría de los casos, de una parte continental y otra oceánica. La corteza continental, de gran espesor comparada con la oceánica, está formada por gran variedad de rocas, entre las que predomina el granito. Su estructu-



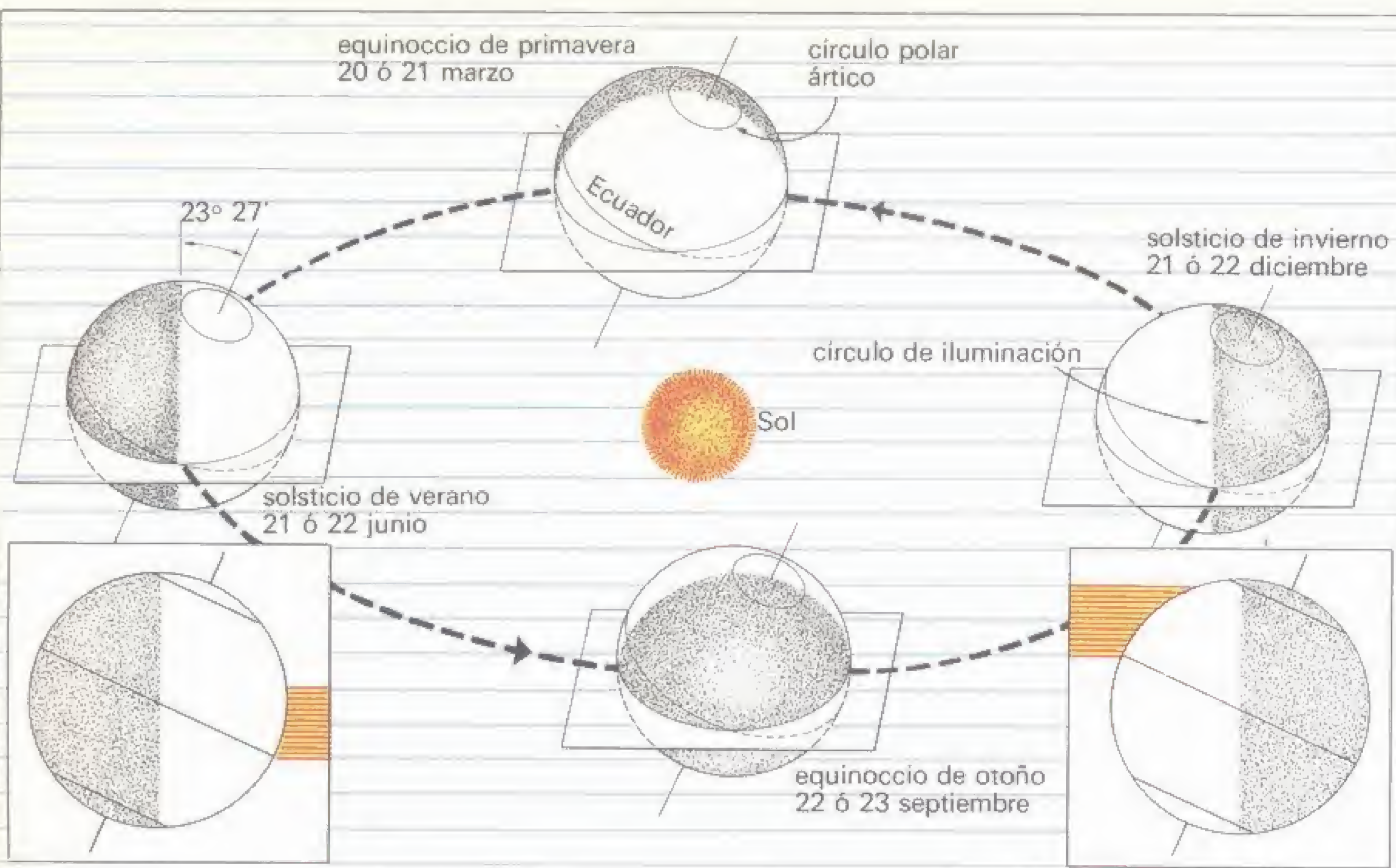
Ambos esquemas nos muestran las proporciones relativas en volumen (arriba) y peso (abajo), que existen entre los distintos estratos que constituyen la Tierra: 1) atmósfera,

2) hidrosfera, 3) corteza, 4) manto, 5) núcleo. Como puede apreciarse al comparar ambos gráficos, no existe correspondencia entre el peso y las dimensiones de cada capa.



Corte o sección de la Tierra en el que se aprecia su estructura interna. El núcleo interno puede tener un peso equivalente a un 3% del peso del planeta, aunque su volumen sea sólo un 1% del total.





ra interna es muy compleja, en forma de mosaico de cadenas orogénicas de distintas edades, superpuestas unas a otras. En las regiones continentales se conservan rocas muy antiguas. Las más antiguas datadas hasta el momento corresponden al período geológico llamado Arcaico, y tienen unos 3.800 millones de años. Los continentes son el verdadero "libro" de la historia geológica de la Tierra.

Las placas oceánicas son muy delgadas y su principal característica reside en que son de reciente formación. Efectivamente, las edades más antiguas determinadas sobre rocas oceánicas no superan, por lo general, los 200 millones de años, hecho, a todas luces, sorprendente si se compara con las edades de las rocas que pueden encontrarse en los continentes. Los océanos actuales son pues estructuras muy jóvenes. La corteza oceánica está formada principalmente por lavas arrojadas en erupciones submarinas, fundamentalmente de composición basáltica.

El límite de los continentes lo constituye el borde de las plataformas continentales, extensas regiones que bordean, mar adentro, las costas, y cuyas profundidades no superan los 2.000 metros. A partir del borde de la plataforma, se desciende hacia las regiones marinas abisales (3-5 km), hecho que va acompañado por el paso de un tipo de corteza a otro.

La interacción entre las placas rígidas provoca, cuando es de tipo compresivo, cadenas orogénicas, resultantes del plegamiento de los sedimentos acumulados sobre las plataformas continentales y al pie del talud continental.

Por el contrario, cuando las placas se separan (distensión), se origina primero un brazo de mar, y, a la larga, un verdadero océano. La "cicatriz" de esta separación es una zona de intensa inyección de magmas, que pueden salir a la superficie en forma de erupciones submarinas. Estas últimas pueden llegar a constituir verdaderas cadenas sumergidas, a manera de gigantescos espinazos, que recorren las profundidades oceánicas y que a veces emergen a la superficie en forma de ar-

chipielagos de islas volcánicas (son ejemplo de ello las islas de Cabo Verde, Azores o, el caso más espectacular, la isla de Islandia en el Océano Atlántico).

**El manto terrestre** La corteza, continental u oceánica, es solidaria con la parte superior del manto terrestre, extensa región que se extiende hasta una profundidad de unos 2.900 km. El límite entre ambas capas constituye una discontinuidad sísmica, llamada discontinuidad de Mohorovičić, y que corresponde a un brusco cambio litológico.

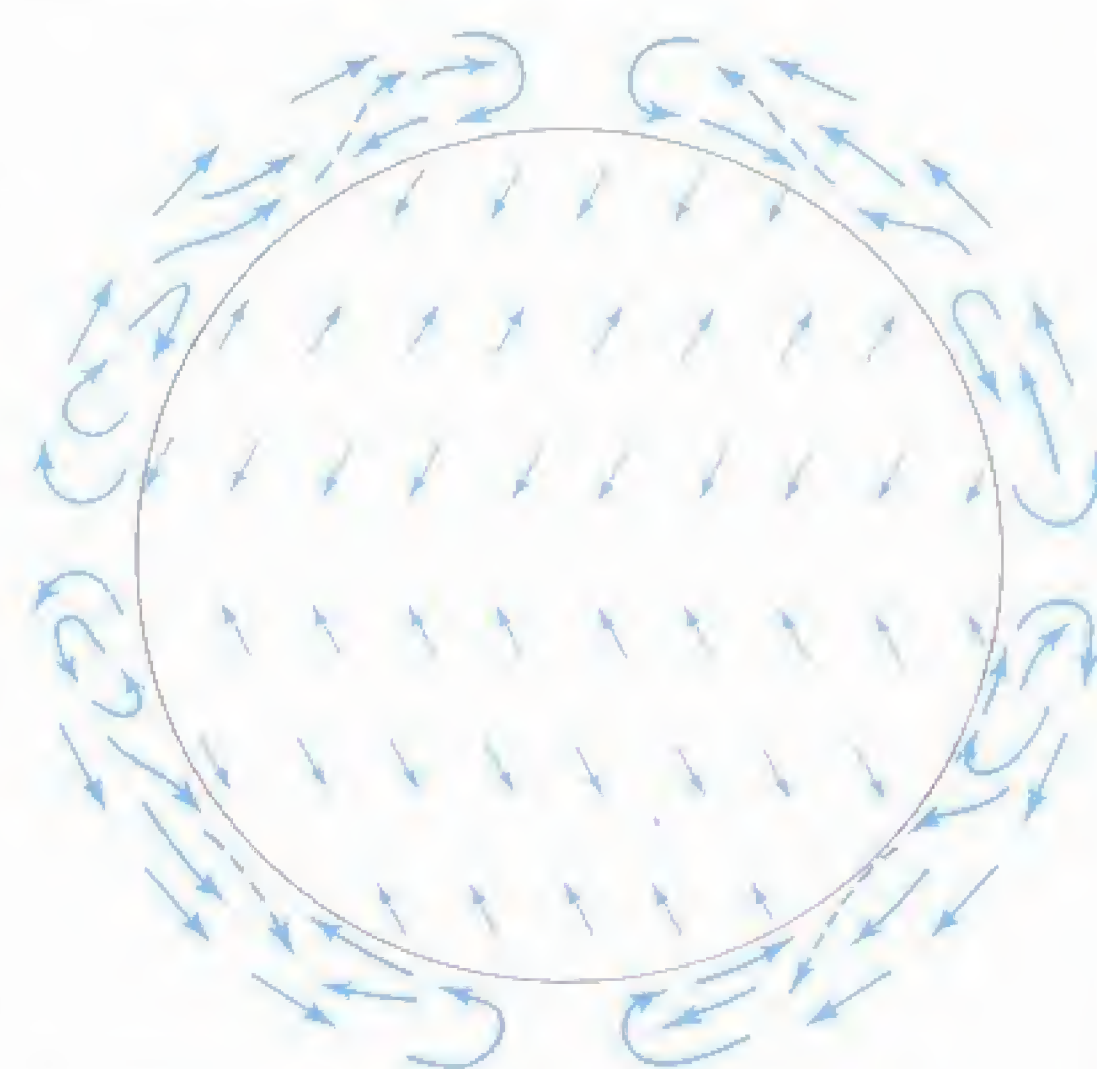
El manto es esencialmente una capa sólida, formada por materiales en su mayor

El comportamiento climático de la atmósfera, en continuo cambio, tiene su origen en razones de índole astronómica. El hecho de que la radiación solar llegue con una inclinación distinta y variable a los diferentes puntos del globo da lugar a que, tanto la luz como el calor, sean distintos en cada uno de ellos. Al permanecer invariable a lo largo del año la

inclinación del eje de rotación terrestre con respecto al plano de la eclíptica (arriba), las estaciones climáticas se repiten periódicamente. Sin embargo, aunque de forma insensible, esta inclinación está variando a lo largo del tiempo, lo que explica que, en tiempos muy antiguos, las condiciones climatológicas no fuesen tal y como hoy

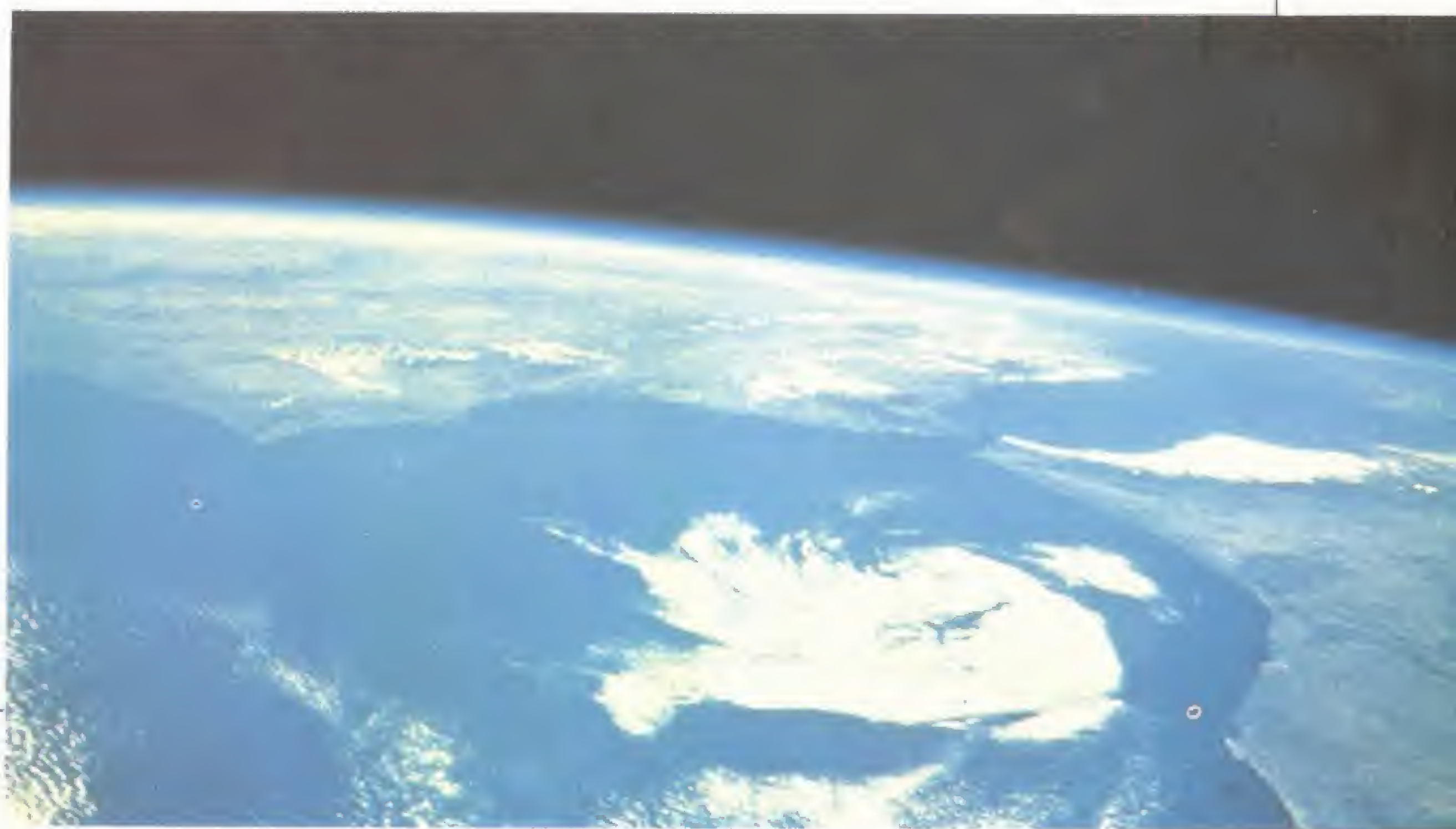
parte inaccesibles a nuestra observación. No obstante, los fragmentos arrancados de la parte superior por los magmas basálticos que alcanzan la superficie indican que al menos el manto superior está formado por *peridotitas*, rocas compuestas en su mayor parte por olivino, mineral pobre en sílice y rico en magnesio.

El movimiento de las placas es posible gracias a la existencia en el manto superior, y a una profundidad variable de unos puntos a otros (normalmente de 200 a 400 km), de una banda "plástica" donde las rocas se encuentran parcialmente fundidas. Esta zona, llamada *astenosfera*, constituye pues el nivel sobre el que se deslizan las placas, que, por consiguiente, podemos afirmar que constan de una parte superior cortical y una inferior ya mantélica. Ambas forman la *litosfera*, de ahí que se hable de *placas litosféricas*.

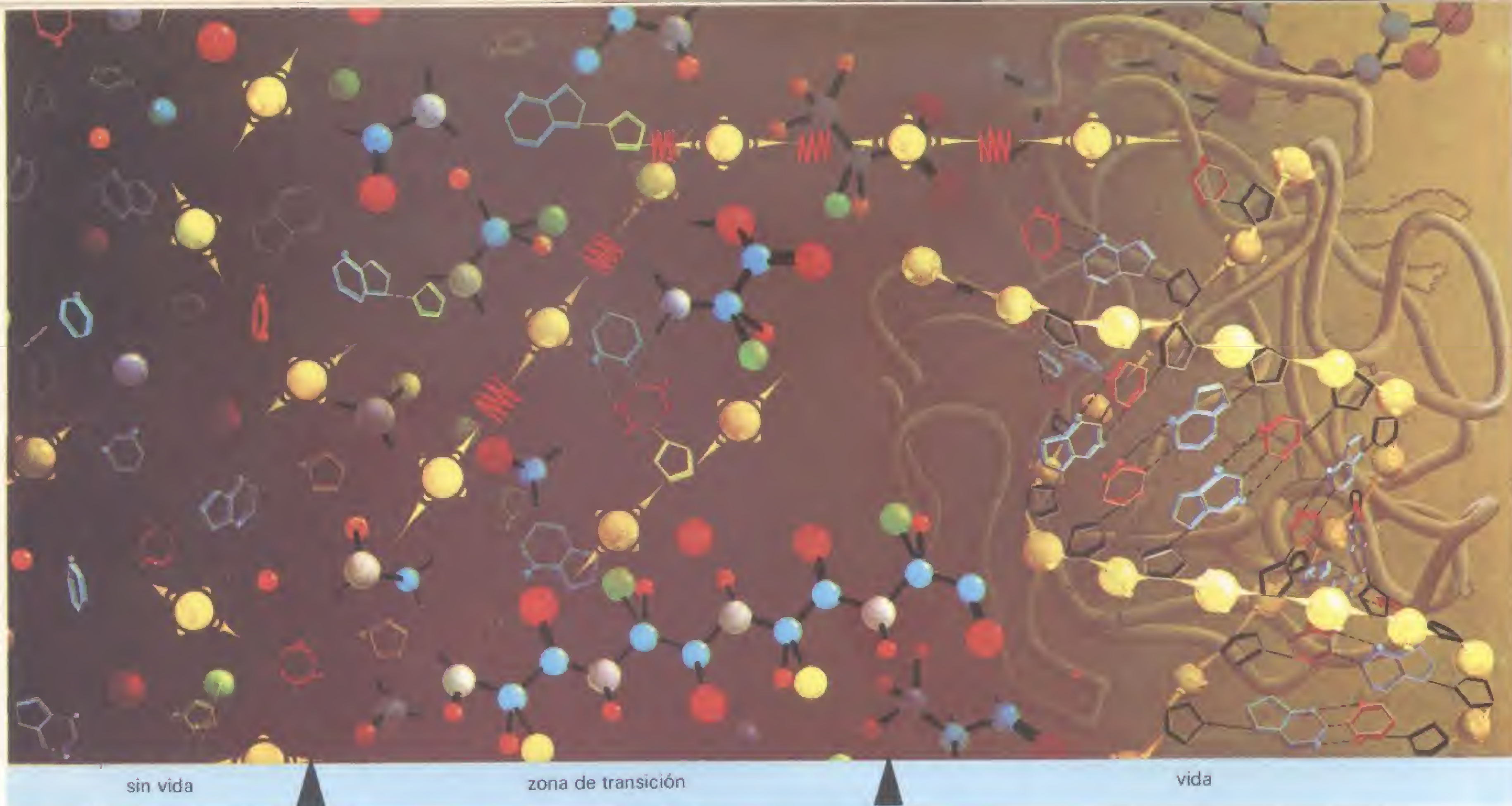


las conocemos. Arriba, trayectorias de la circulación del aire en una sección meridiana. En el Ecuador, más directamente calentado por el Sol, el aire caliente y húmedo asciende y se bifurca en dos corrientes, dirigidas hacia el hemisferio norte y sur respectivamente. Parte de este aire desciende, ya desecado, en los trópicos, originando fenómenos de

desertización en algunas zonas. El movimiento, a altas cotas, de las grandes masas de aire hacia los polos y su regreso, a cotas más bajas, hacia el Ecuador, se combina con el movimiento de rotación terrestre, lo que determina la oblicuidad direccional de los alisios. Abajo, un huracán visto desde un satélite meteorológico.







A una profundidad de 2.900 km bajo la superficie, todo cambia radicalmente: se pasa al núcleo externo de la Tierra, formado por un material fluido de una densidad diez veces superior a la del agua y en el que predominan el hierro, el níquel y el cromo líquidos. En el centro de nuestro planeta, a partir de una profundidad de 4.700 km, la densidad vuelve a experimentar un notable ascenso, debido a la elevadísima presión, y el hierro, anteriormente líquido y viscoso, se solidifica, dando lugar a una inmensa bola de tipo meteorítico, de 1.300 km de radio. Se calcula que en el mismo centro de la Tierra la presión puede llegar a alcanzar un valor de 3,7 millones de atmósferas (la atmósfera es una unidad de presión, equivalente al valor medio de la presión atmosférica a nivel del mar), de forma que el núcleo central puede tener un peso equivalente a un 3% del peso total del planeta, aunque su volumen sólo sea un 1% del volumen total. A modo de contraste, la corteza terrestre, que ocupa menos del 1% del volumen total, representa el 0,4% del peso total del planeta. Es decir, el peso específico de las distintas capas que conforman la Tierra aumenta con la profundidad. Si nos remontamos al momento de la formación del planeta (por contracción gravitatoria a partir de una nube de gases), podemos visualizar un complejo proceso de ordenación por densidades de los materiales que, aunque atenuado, persiste en la actualidad. Los átomos más pesados, como el hierro y el níquel, se hundieron hacia las zonas más profundas, mientras que los más ligeros, como el helio y el hidrógeno, escaparon hacia el exterior, concentrándose en la envoltura externa del planeta, que hoy constituye la atmósfera. Como resultado de este proceso, la Tierra presenta el aspecto de una gran esfera subdividida en capas concéntricas, una imagen similar, aunque a menor escala, de la que Ptolomeo proponía para el Universo.

En el interior de la Tierra, tiene su origen una de las características fundamentales de nuestro planeta: el campo magnético terrestre. Los mecanismos que lo generan permanecen, sin embargo, fuera del alcance de nuestro conocimiento. Sólo sabemos que el interior de la Tierra se comporta como un enorme dipolo magnético, capaz de generar un campo magnético de bastante intensidad, cuyo eje no coincide exactamente con el de rotación, ya que corta la superficie en dos puntos, llamados polos magnéticos, cuya posición no corresponde exactamente con la de los polos geográficos del planeta.

Según una teoría de gran actualidad, llamada teoría de la dinamo, el campo magnético terrestre estaría generado por el movimiento de partículas ionizadas, es decir, cargadas eléctricamente, en el interior del núcleo plasmático.

**Una mirada a nuestra atmósfera** La Tierra está rodeada por una serie de envolturas gaseosas de diferente naturaleza y que juntas llegan a alcanzar una altura de unos 240 km. Están constituidas principalmente por nitrógeno molecular, vapor de agua, oxígeno, dióxido de carbono y gases nobles. La atmósfera cumple una función protectora de nuestro planeta, al impedir la penetración meteorítica, filtrar las radiaciones más nocivas procedentes del Sol, y permitir la existencia, en la superficie, de unas condiciones climáticas capaces de preservar las condiciones necesarias para la vida.

Si no fuera por este escudo protector, la intensa radiación solar arrasaría la superficie de la Tierra, convirtiéndola en un páramo desértico, abrasado de día y gélido durante las noches. Debido a que el eje de rotación terrestre mantiene una cierta inclinación con respecto al plano de la eclíptica, la distribución climática en nuestro planeta no es uniforme. Así, la temperatura varía según la época del año, según

el hemisferio, y según la latitud, aunque se puede calcular que el valor medio de ésta, en la superficie del planeta, es aproximadamente de 16 °C. En las zonas ecuatoriales, las temperaturas son altas, por ser las regiones de la Tierra donde con más verticalidad inciden los rayos del Sol. Cuando el eje de rotación está inclinado hacia el Sol, en el hemisferio norte es verano, mientras que en el hemisferio sur es invierno. Sucede justo lo contrario cuando la inclinación del eje diverge del Sol: entonces, en el hemisferio meridional es verano, y en el septentrional es invierno. Estas variaciones periódicas se repiten a lo largo de un ciclo que corresponde a un año.

Las diferencias de temperaturas dependen, además, de las diversas características que conforman cada zona climática, lo que da lugar a fuertes desequilibrios térmicos que provocan los movimientos de grandes masas de aire en la atmósfera, así como de agua en la hidrosfera, esta última, también sometida al movimiento rotacional del planeta.

La Tierra, al igual que el resto de los planetas y cuerpos del Sistema solar, está regularmente sometida a la acción de la radiación y del viento solar, constituido por partículas cargadas eléctricamente.

El campo magnético terrestre, actuando a modo de escudo, frena la entrada de dichas partículas, obligándolas a seguir las líneas de flujo magnético y evitando así que alcancen la superficie. Sólo en los polos magnéticos, donde las líneas de fuerza del campo se curvan, cerrándose sobre el planeta, es donde existe una mayor actividad del flujo de partículas cargadas procedentes del Sol. Su interacción eléctrica con las partículas de la alta atmósfera da lugar a esos impresionantes fenómenos que son las auroras boreales.

**Una concepción científica sobre el origen de la vida** Según la opinión gene-



ral, resultado de las distintas investigaciones que hasta hoy se han realizado, las posibilidades de existencia de vida orgánica, tal y como nosotros la entendemos, es prácticamente nula, tanto en Marte, como en el resto de los planetas del Sistema solar.

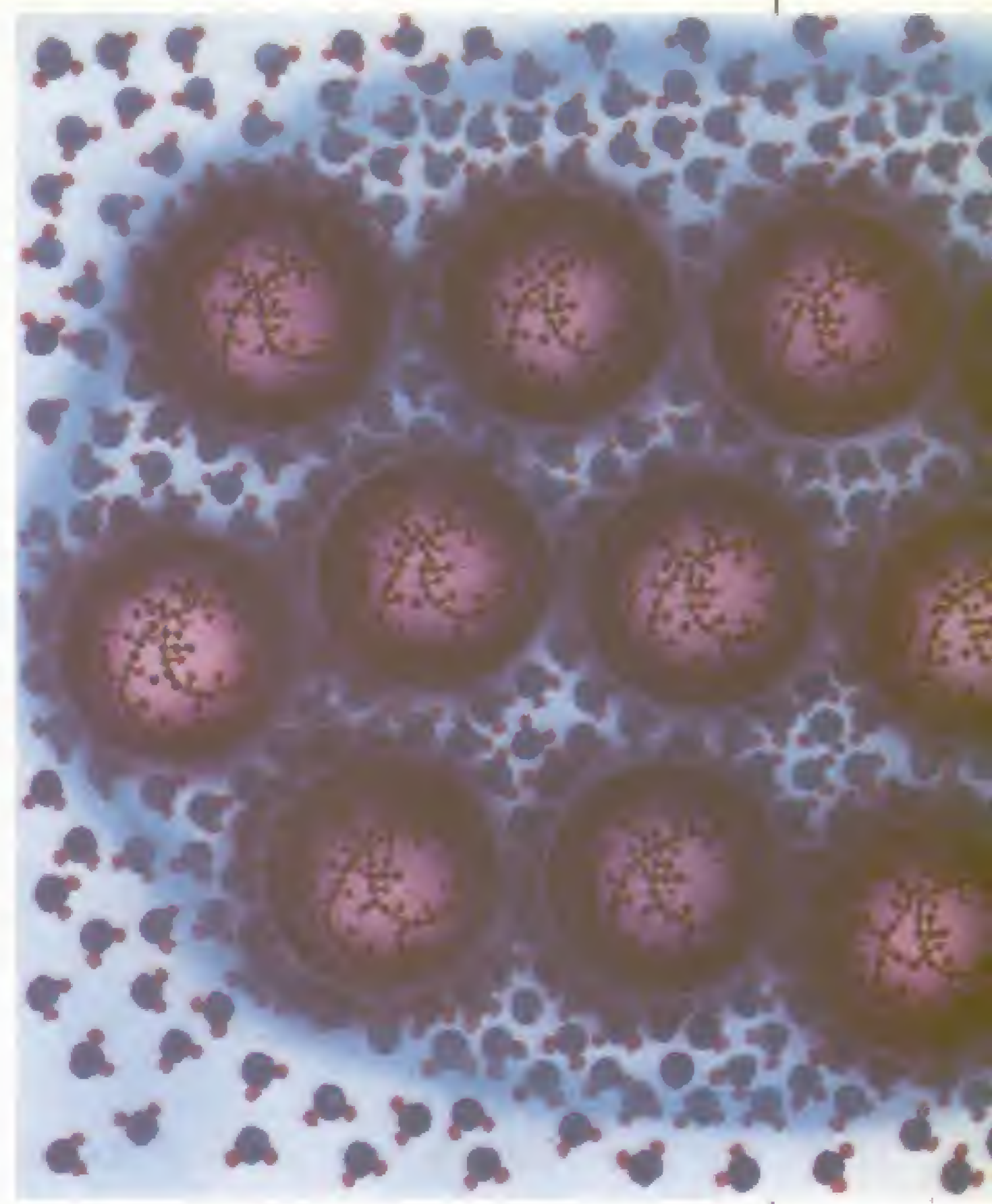
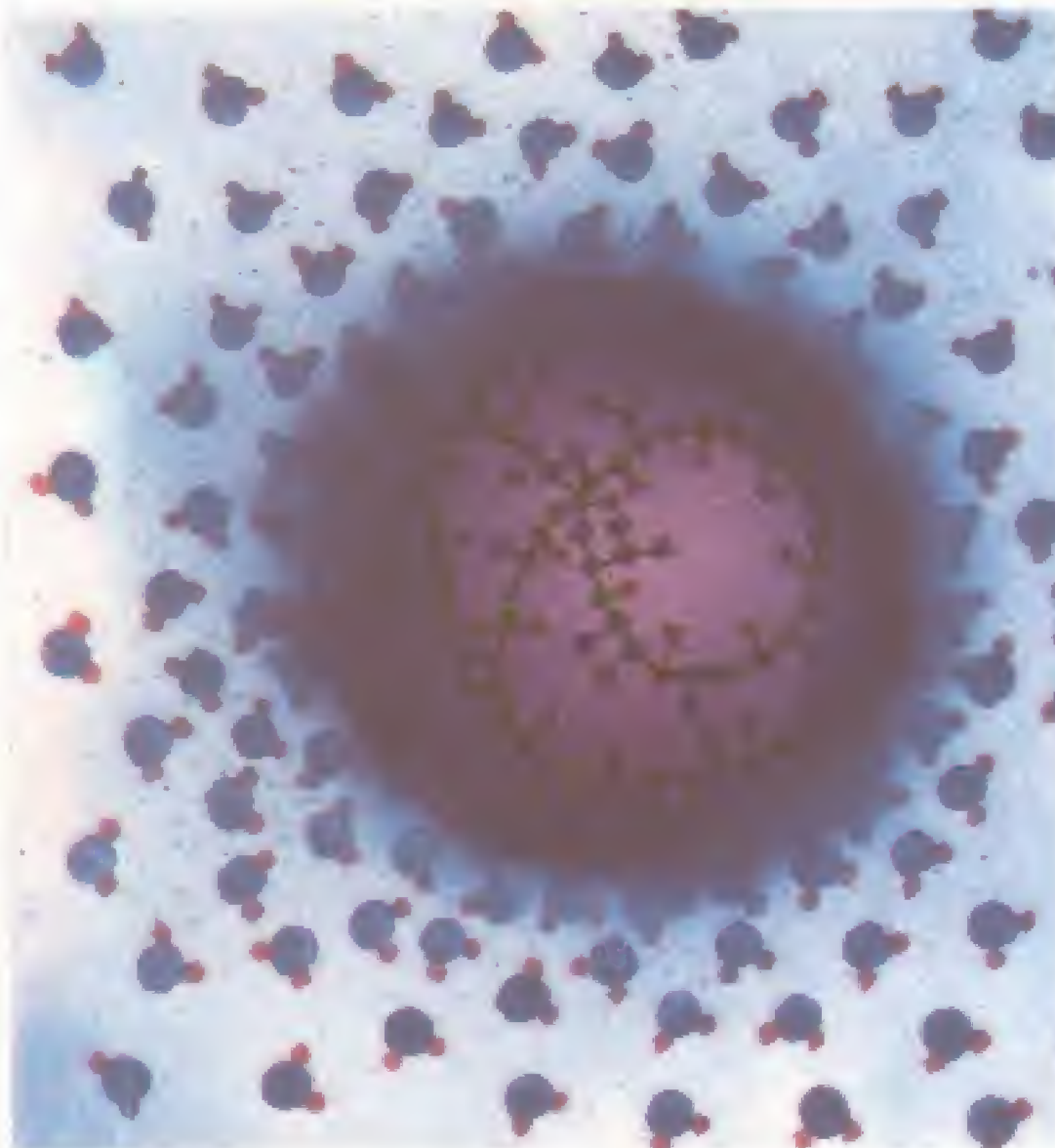
El género humano constituye, dentro del reino animal, un estado muy avanzado de un proceso evolutivo que, muy lentamente, a lo largo de millones de años, fue desarrollándose a partir de una complejísima combinación de moléculas orgánicas más simples, cuya primera formación sobre la superficie terrestre, y en condiciones probablemente muy hostiles, data de hace unos 2.500-3.000 millones de años. Primero se formaron los ácidos nucleicos que, más tarde, constituirían los aminoácidos, componentes fundamentales de las proteínas.

Fue el investigador Harold C. Urey el primero que, interesado en encontrar los orígenes químicos de la vida, consiguió reproducir en el laboratorio las condiciones bajo las que, según su teoría, deberían haberse formado las primeras cadenas de aminoácidos. Para ello, sometió una mezcla de los elementos que originariamente se supone que componían nuestra atmósfera (metano, amoníaco y vapor de agua) a una intensa radiación ultravioleta, equivalente a la solar, a la vez que provocaba, artificialmente, fuertes descargas eléctri-

1 - Coacervados obtenidos por disolución en agua y ácido de una proteína

2 - Película de moléculas de agua en torno al coacervado

3 - Coacervados que, posteriormente, se transformarán en protocélulas

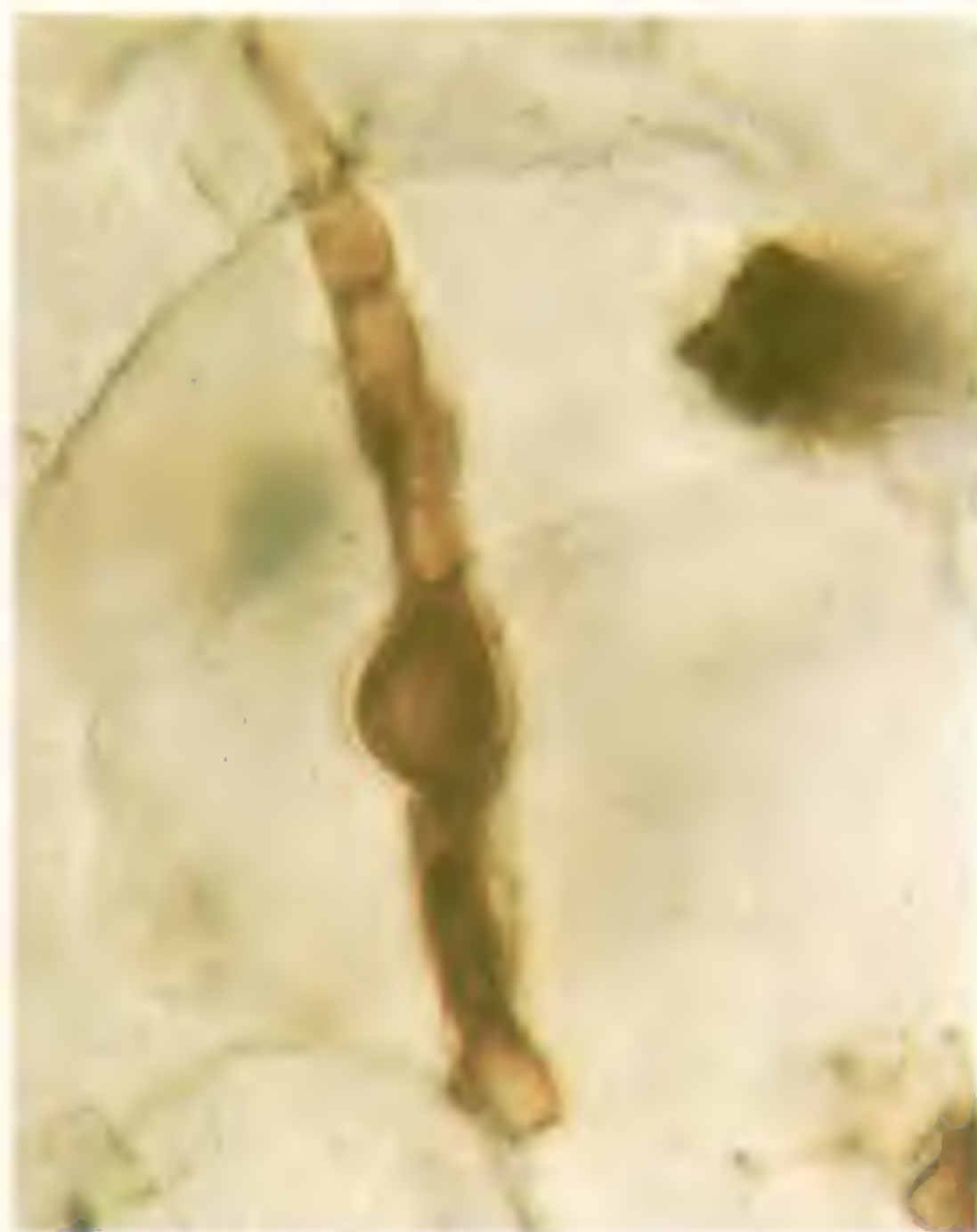


En la página anterior, arriba, se sintetizan las teorías de Oparin y Haldane, acerca de cómo se produjeron, de forma espontánea, los fenómenos combinatorios que dieron lugar a las

primeras formas de vida. Según esta teoría, en un principio se habrían formado las proteínas en el medio acuático (izquierda), fenómeno este que, posteriormente, Harold C. Urey, reproduciría

artificialmente en su laboratorio. Se observa cómo estas primeras estructuras se organizan y evolucionan, haciéndose más complejas hasta que, en un momento dado, pueden reproducirse.

A la izquierda de estas líneas, una sencilla alga unicelular. Abajo, agregados precelulares, vistos al microscopio, muestran una clara tendencia a reagruparse para formar "coacervados".



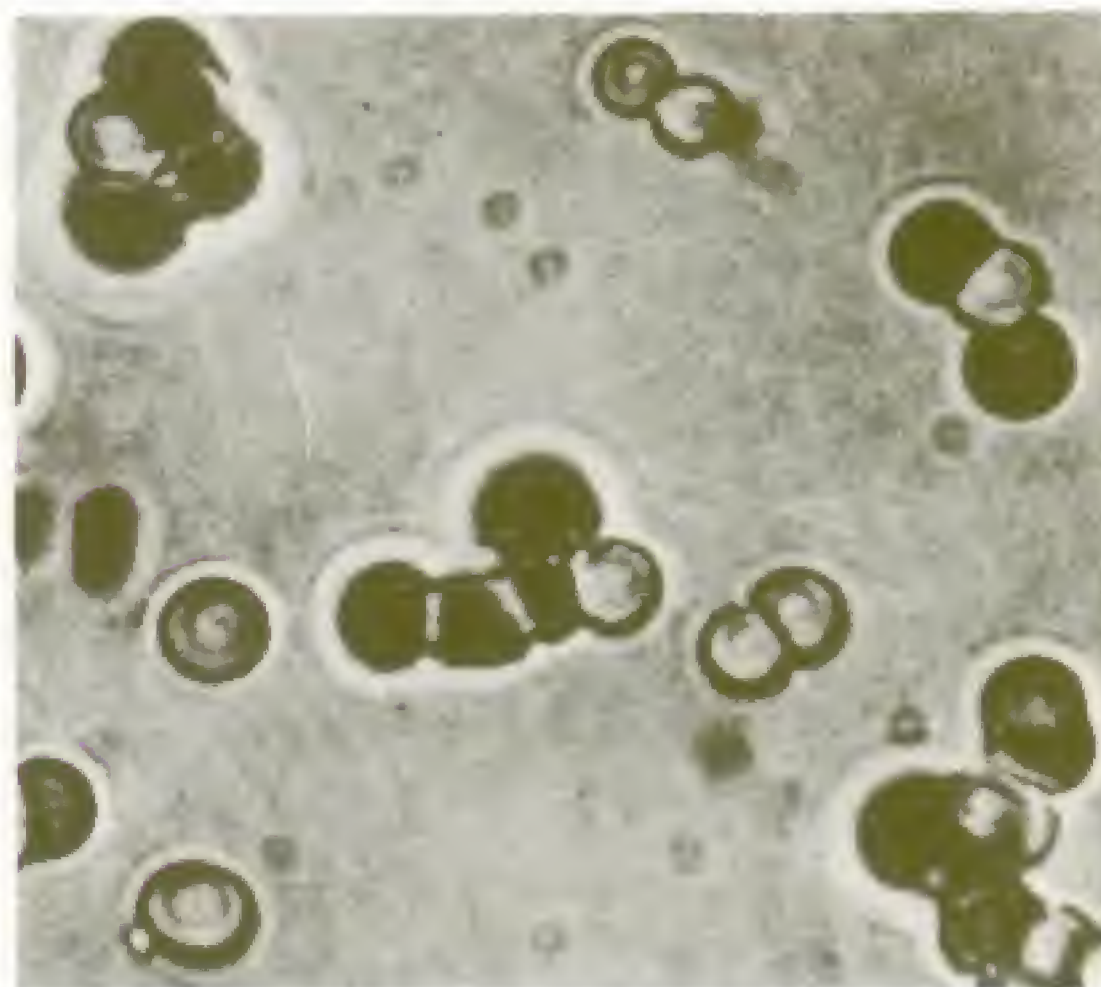
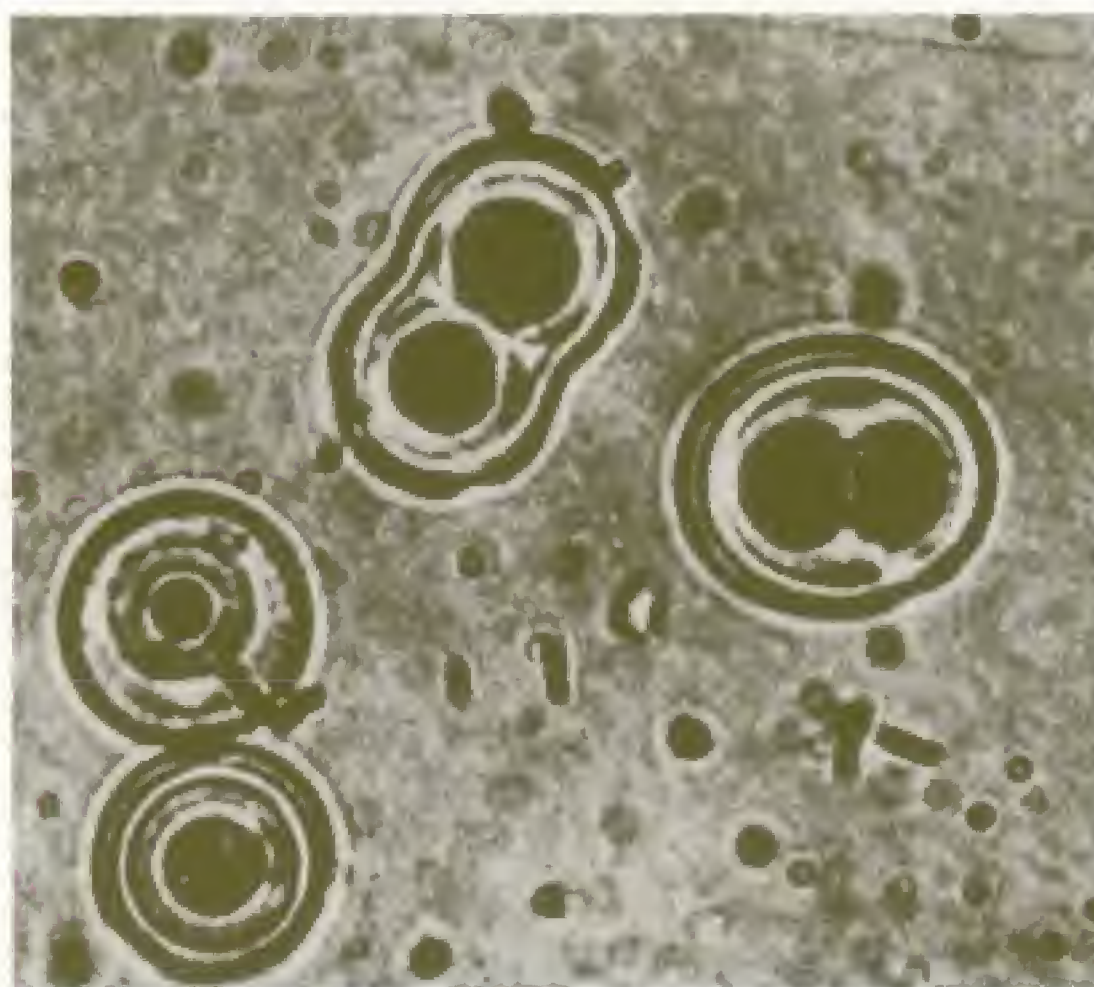
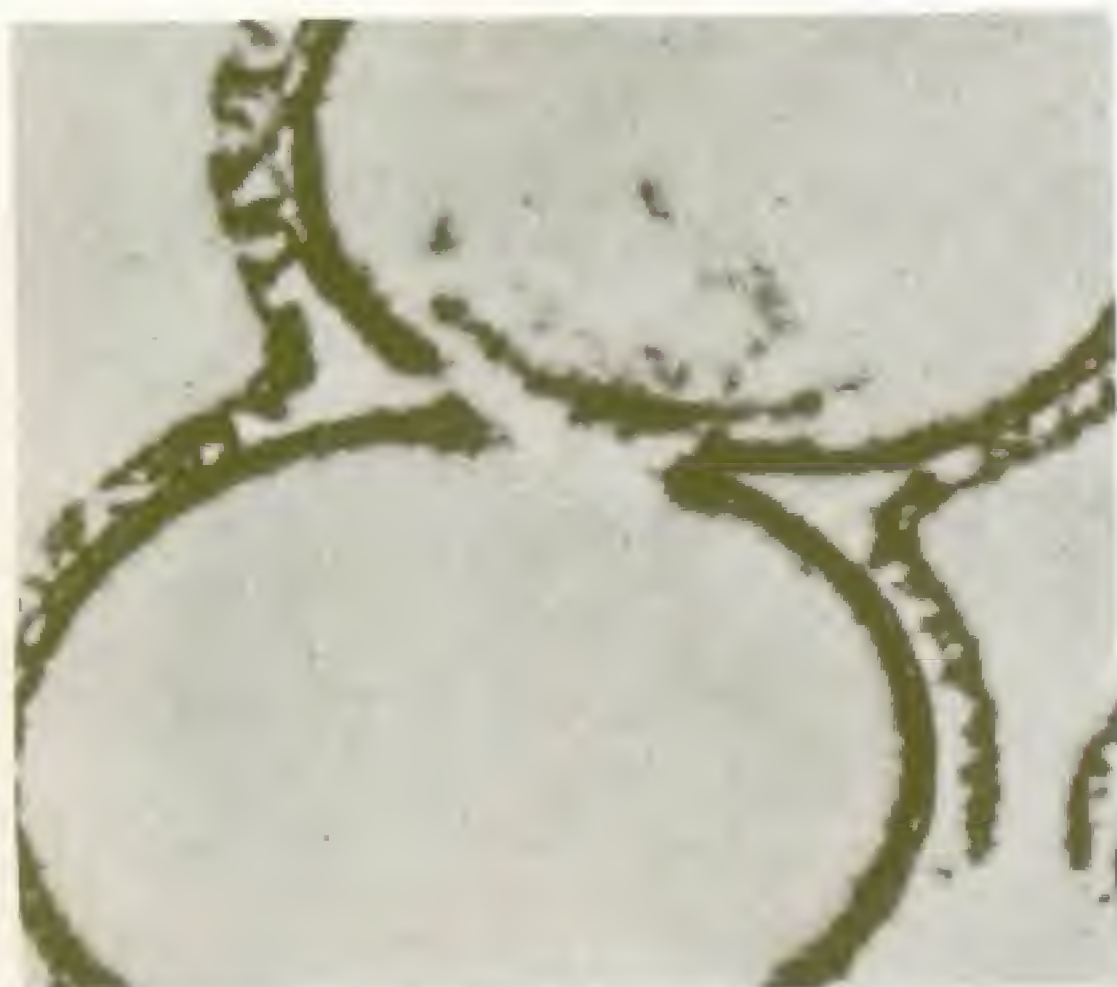
cas, similares a las que deberían darse en la atmósfera inicial de la Tierra, carente de oxígeno y de capa protectora de ozono. Con gran satisfacción, pudo contemplar cómo unas simples moléculas de características universales se reagrupaban formando las rigurosas estructuras de las cadenas aminoácidas.

Con este experimento, reproduciendo artificialmente unas condiciones muy similares a las que debieron darse sobre la Tierra hace unos 2.500-3.000 millones de años, Urey había sentado los cimientos que constituyen la base de todos los procesos vitales posteriores.

Las grandes masas de vapor de agua, concentradas en la envoltura externa gaseosa del planeta, terminaron por precipitar, formando, en gran parte, los grandes

mares y océanos donde, probablemente, se originaron los primeros organismos vivos. El gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ), necesario igualmente para la síntesis inorgánica de la vida, debió de proceder de la intensa actividad volcánica que, razonablemente, existió sobre la frágil corteza original. Estos organismos primitivos, al principio muy simples, fueron gradualmente generando, por fotosíntesis, el oxígeno que hay actualmente en la atmósfera, haciéndola progresivamente más "habitable". De esta manera, quizá muy esquematizada, se fueron creando, lentamente, las condiciones para la vida terrestre, tal y como hoy la entendemos.

Véase Deriva continental; Geología; Geoquímica; Manto terrestre; Núcleo terrestre; Tectónica





# Tifoideas, fiebres

Los viajeros que se trasladan a zonas tropicales o subtropicales se someten a una serie de vacunaciones entre las que siempre figura la de la fiebre tifoidea.

Si bien en la actualidad la tasa de mortalidad producida por esta enfermedad es inferior al 5% (las complicaciones son responsables de la mayor parte de los fallecimientos asociados a la fiebre tifoidea) y a veces se presentan casos tan ligeros que resultan asintomáticos, un ataque de fiebre tifoidea de mediana intensidad sería suficiente para estropear la mayor parte de las vacaciones de cualquiera.

**Las bacterias tifoideas** La *Salmonella typhi*, responsable de la fiebre tifoidea, es una bacteria con forma de coma, provista de cola, que se multiplica en la leche, en los productos alimenticios, en los crustáceos, en las carnes y en las verduras que han permanecido en contacto con aguas residuales contaminadas. Los animales terrestres y los pescados pueden ser también portadores de bacterias, pero esto sólo es posible si son contaminados directamente por el hombre. Los seres humanos son los únicos que pueden contraer esta enfermedad, con la simple ingestión de la bacteria *Salmonella typhi*. Estos mi-

croorganismos se multiplican a gran velocidad en el interior de las asas intestinales y en las formaciones linfáticas que existen en las paredes de los intestinos delgado y grueso, donde llegan a provocar lesiones ulcerativas. Posteriormente, pasan a la sangre, que transporta las bacterias fundamentalmente al hígado, al bazo y a la médula ósea. Con el transcurso del tiempo, la *Salmonella typhi* vuelve a penetrar en el intestino delgado, donde origina ulceraciones e inflamaciones.

Los primeros síntomas de la fiebre tifoidea aparecen entre los 10 y 14 días después del momento del contagio. La enfermedad suele durar unas cuatro semanas.

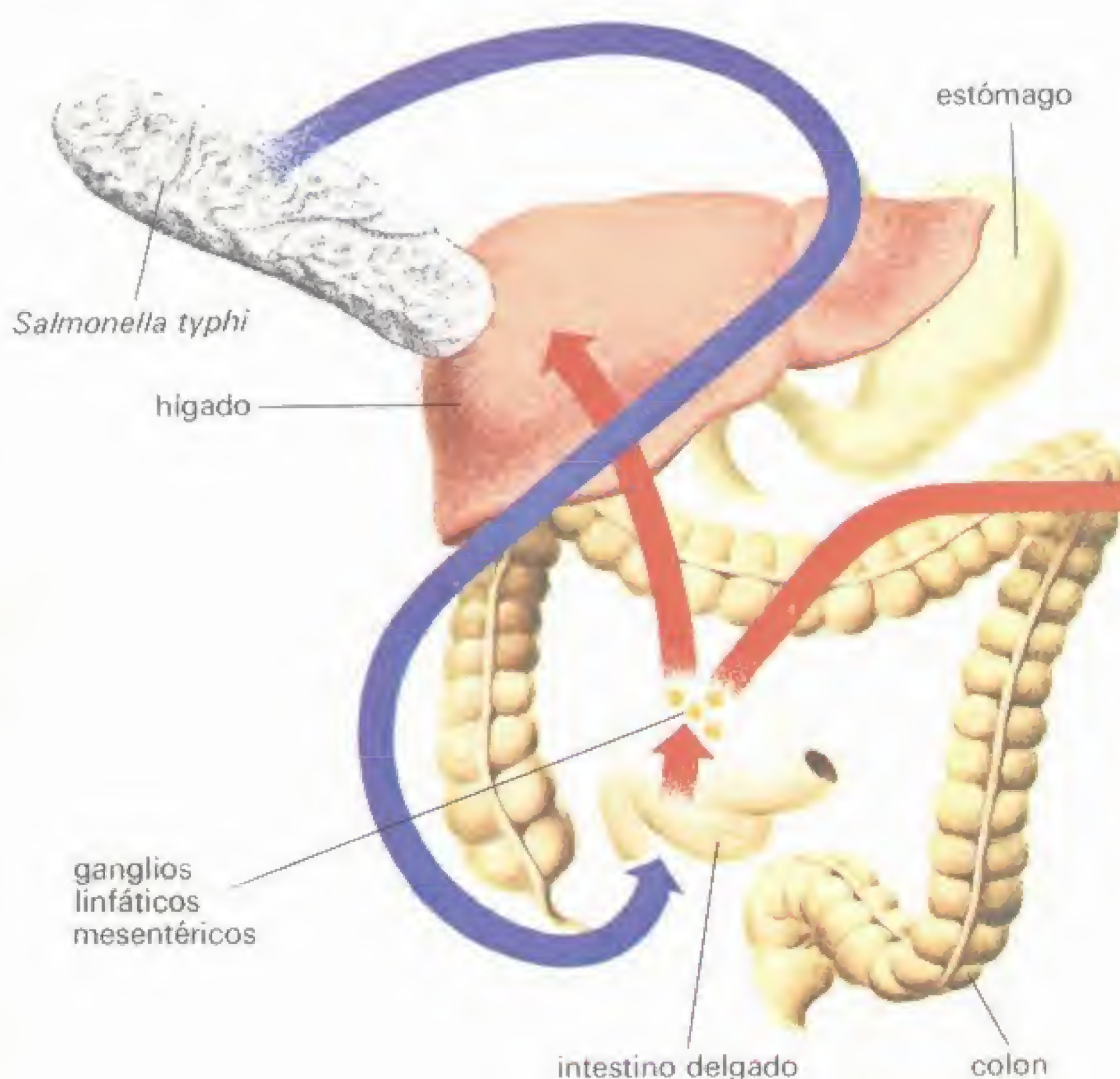
**Sintomatología** La fiebre tifoidea es una enfermedad de comienzo gradual que, en sus primeras fases, resulta muy similar a otras enfermedades infecciosas. Produce una sensación de cansancio, los reflejos se vuelven menos vivos que en condiciones normales y comienza a aparecer dolor de garganta e inapetencia. También pueden presentarse síntomas como estreñimiento, dolor e hinchazón abdominales y una discreta fiebre.

Hacia el final de esta primera fase, que por lo general dura aproximadamente una

semana, hacen su aparición unas manchas rojizas en el abdomen y en el tronco. A medida que avanza la enfermedad la fiebre se hace persistente y el enfermo comienza a presentar torpor físico y mental, llegando, a veces, a una situación delirante. El estreñimiento de la primera etapa es sustituido por una diarrea con heces amarillo-verdosas y el abdomen se inflama progresivamente.

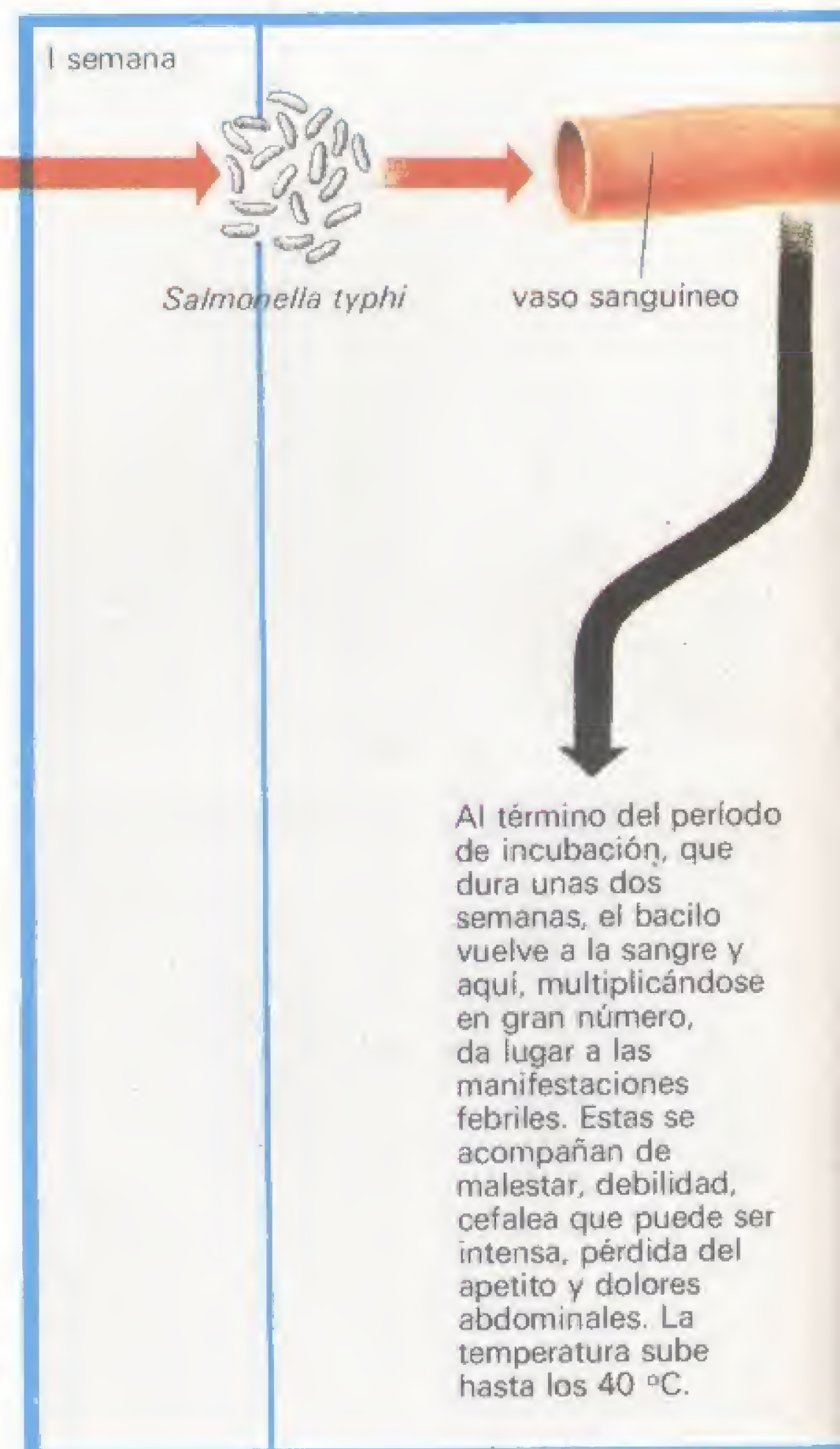
En los diez días que siguen a la aparición de los primeros síntomas se tienen las mayores probabilidades de equivocarse al emitir un diagnóstico. Las pruebas diagnósticas más utilizadas son los cultivos bacterianos de muestras de sangre, dado que a veces es imposible conseguir el cultivo de las bacterias partiendo de muestras de heces, y, en otras ocasiones, las pruebas basadas en muestras fecales dan resultados negativos incluso cuando el paciente está verdaderamente afectado por la fiebre tifoidea. A partir de la tercera semana de la enfermedad, puede efectuarse ya una prueba serológica. Esta conlleva la extracción de una muestra de suero sanguíneo y el aislamiento de anticuerpos contra la *Salmonella typhi*. La dificultad de este examen consiste en el hecho de que no todos estos anticuerpos se ac-

A la derecha, vía de ataque del bacilo responsable de la fiebre tifoidea y paratifoidea: la puerta de entrada es, frecuentemente, la oral, y el bacilo se difunde en seguida por el intestino desde donde pasa a la sangre; desde aquí pasa al hígado, donde se acantona, pasando posteriormente a los ganglios linfáticos mesentéricos y al bazo. Desde el propio intestino, otra vía de difusión la constituye el sistema linfático. Tras una multiplicación a gran escala, el bacilo llega a estar ampliamente difundido y tiene lugar la manifestación febril intensa acompañada de las manifestaciones secundarias. El tratamiento puede efectuarse con la administración de



cloramfenicol y de antibióticos; debe ser acompañado por una dieta, aunque no muy estricta; se deberán evitar solamente alimentos que provoquen intensa

peristalsis. Abajo, diagrama de la temperatura febril en el transcurso de la enfermedad que, incluso en un caso de éxito, dura un par de meses.



Al término del período de incubación, que dura unas dos semanas, el bacilo vuelve a la sangre y aquí, multiplicándose en gran número, da lugar a las manifestaciones febriles. Estas se acompañan de malestar, debilidad, cefalea que puede ser intensa, pérdida del apetito y dolores abdominales. La temperatura sube hasta los 40 °C.



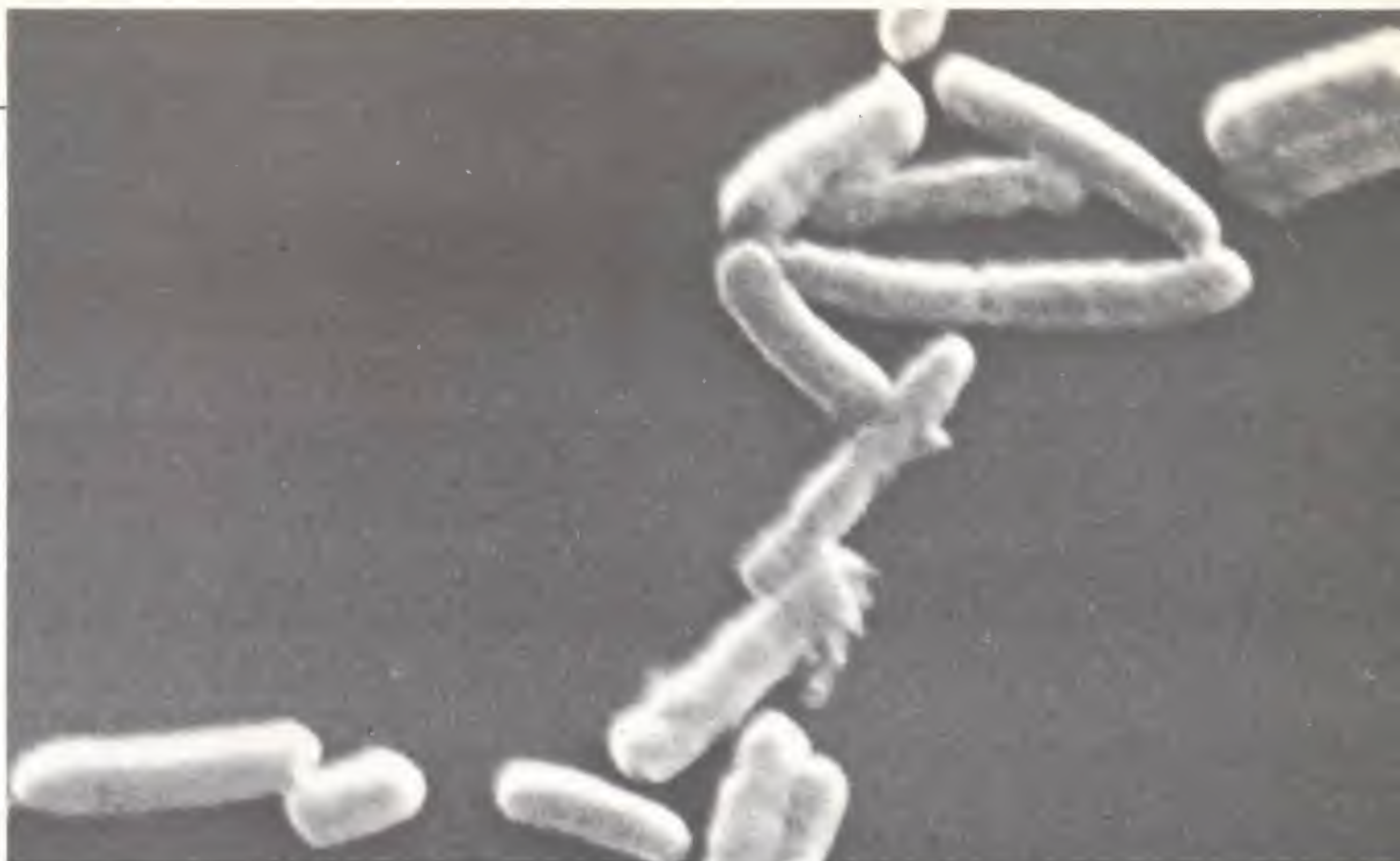
Salmonellas vistas al microscopio de barrido. Estas bacterias son los vehículos de la infección tífica, que tiene lugar principalmente por contaminación del agua con heces humanas. El agua es efectivamente el alimento más fácilmente sujeto a la infección por la salmonella. También

otros alimentos pueden ser vehículos de la infección cuando son manejados por portadores sanos o enfermos de la bacteria. Para evitar este tipo de contagio es necesario, por consiguiente, que las personas que trabajen en la industria alimentaria estén siempre sometidas a un control sanitario.

tivan precozmente durante la enfermedad y algunos no se activan nunca hasta un nivel suficiente como para proporcionar un diagnóstico positivo. Por tales razones, con frecuencia, se llevan a cabo tests serológicos para la detección de los portadores cuyos cultivos bacterianos han resultado negativos.

Si el diagnóstico no se emite precozmente, el paciente, que puede encontrarse ya deshidratado y muy debilitado, cae en un estado de "coma superficial". Se encuentra semiconsciente, no sabe bien en qué lugar se halla, aunque sus ojos están por lo general abiertos y, a menudo, habla continuamente sin coherencia. Las complicaciones más graves, junto con la perforación de las vísceras y la hemorragia intestinal, se producen en esta fase. En nuestros días, sin embargo, la fiebre tifoidea rara vez llega a estos extremos.

**Tratamiento** El cloramfenicol y los corticosteroides son los fármacos de elección en el tratamiento de la fiebre tifoidea.



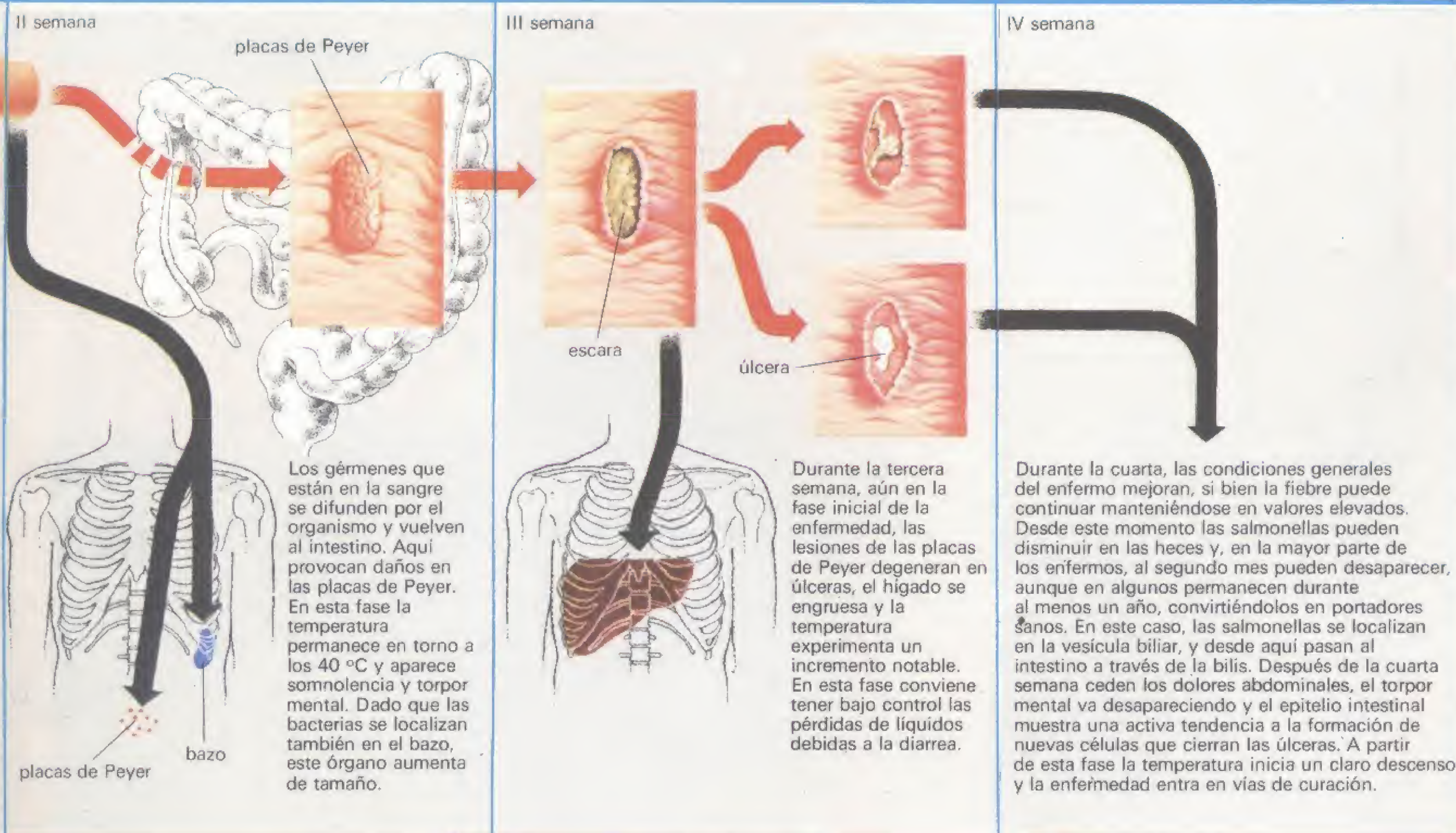
El paciente debe ser tratado durante dos semanas con el fin de evitar recaídas.

La administración puede efectuarse por vía oral, a menos que la enfermedad no haya superado las fases iniciales y el enfermo tenga algún impedimento para la deglución. En el tratamiento de los pacientes afectados de fiebre tifoidea es absolutamente necesario prestar una atención muy especial para impedir la difusión de la *Salmonella typhi*. La ropa de la cama debe ser desinfectada y lavada por separado; la orina y las heces de los enfermos deben tratarse con ácido carbónico antes de ser eliminadas. Los pacientes deben

permanecer aislados hasta que seis pruebas consecutivas de orina y heces resulten negativas. No pueden efectuarse estas pruebas hasta 48 horas después de la terminación del tratamiento.

En otro tiempo, la fiebre tifoidea, muy difundida, era una de las enfermedades más letales para el hombre. Gracias a la continua mejora en las condiciones higiénicas y en los servicios sanitarios públicos, la fiebre tifoidea ha sido completamente vencida en la mayor parte de los países del mundo.

Véase **Bacterias; Enfermedades infecciosas**





# Timón

**R**esulta difícil creer que los ágiles barcos de vela y los gigantescos petroleros puedan tener algún elemento en común. La evidente diferencia en la facilidad de maniobra nos hace pensar en sistemas de control y de gobierno completamente distintos. Sin embargo, el sistema de dirección de estas naves, como el de todas las embarcaciones, se basa en la acción del timón, uno de los inventos náuticos más antiguo, sencillo y útil.

**Historia** Cuando los primeros hombres comenzaron a navegar, se servían de remos rudimentarios, tanto para la propulsión como para hacer virar sus primitivas embarcaciones. Más tarde descubrieron que, además de los remos utilizados para la propulsión, resultaba mucho más eficaz utilizar para los virajes otro remo separado, montado en la parte posterior de la barca, sobre un eje fijado a la popa de la embarcación. Posteriormente se añadió al remo una palanca, que permitía al timonel ejercer una fuerza mayor sobre la superficie sumergida del mismo. Por último, se adoptó un único remo para gobernar la embarcación. Para poder aprovechar la mayor fuerza del brazo y mano derechos, este remo estaba situado a la derecha del timonel. Aún en la actualidad, el lado derecho de la embarcación, o *estribor*, se denomina en inglés *starboard* (de *steer-board*, "tabla de dirección o gobierno"), y el lado izquierdo del casco, o *babor*, que generalmente se utilizaba para atracar en el muelle o en el puerto sin dañar el timón, *port side* ("lado del puerto").

Este sistema de remo simple se empleó hasta finales del siglo XII, cuando los constructores de barcos europeos experimentaron con un nuevo tipo de timón, de grandes dimensiones, montado sobre una charnela o bisagra vertical (en lugar del eje), en el centro de la popa. Conocido como *timón de popa*, este timón, más fuerte y eficaz, hizo posible la construcción de embarcaciones más grandes y con mayor superficie de velas. Como contrapartida, el aumento de tamaño de los barcos requería un esfuerzo mucho mayor para manejar el timón, hasta el punto de que comenzó a resultar imposible el mando manual directo. Se desarrollaron entonces diversos sistemas de tracción mecánica de los timones. En un principio, los sistemas adoptados consistían en sencillas poleas, cabrestantes o tornos conectados a la gran rueda del timón, que permitían ampliar la fuerza muscular. Mucho más tarde, con la introducción del vapor, de las máquinas hidráulicas y de la energía eléctrica, los dispositivos de mando del timón experimentaron una revolución total, construyéndose sistemas de guía de gran potencia y precisión.

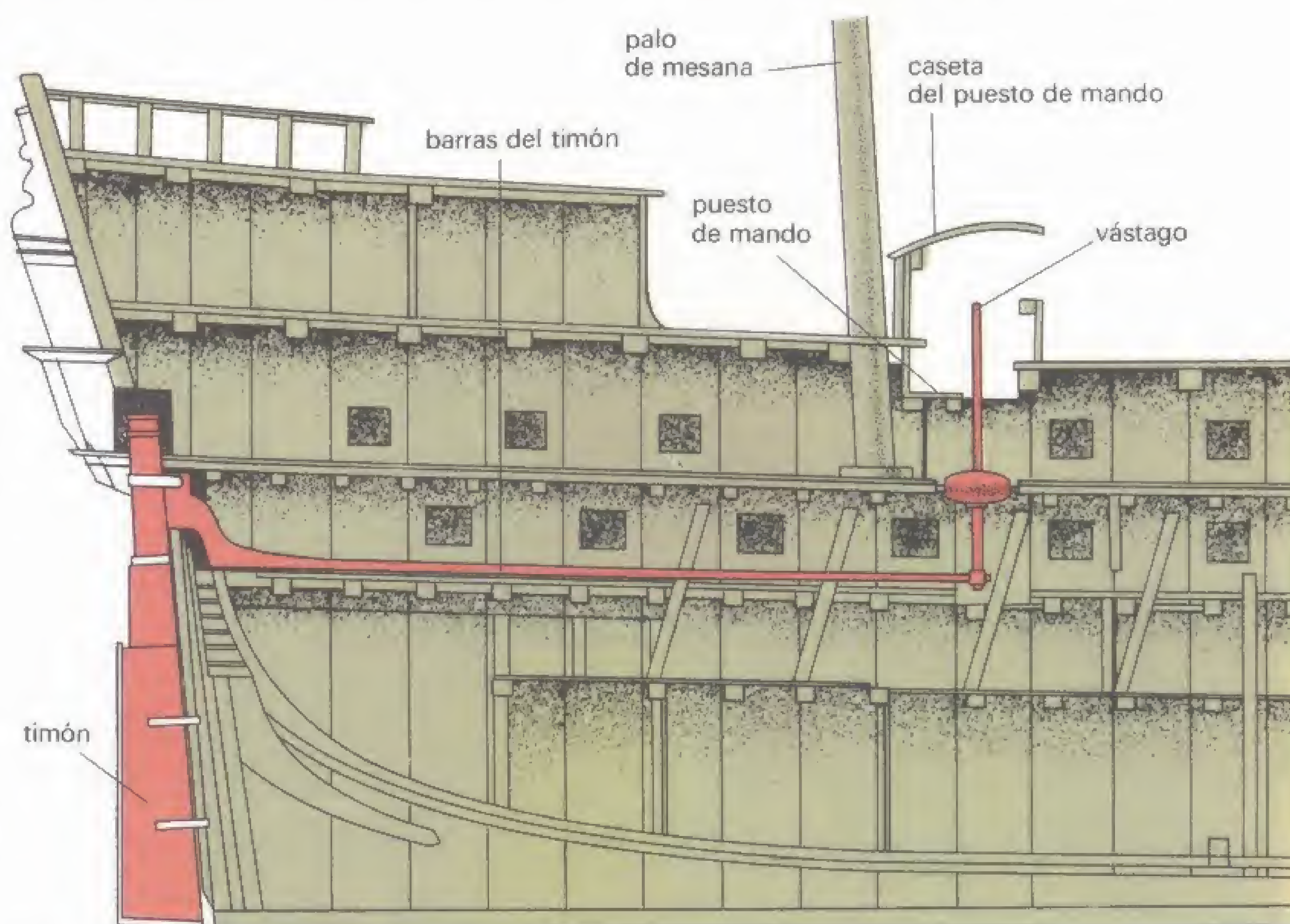
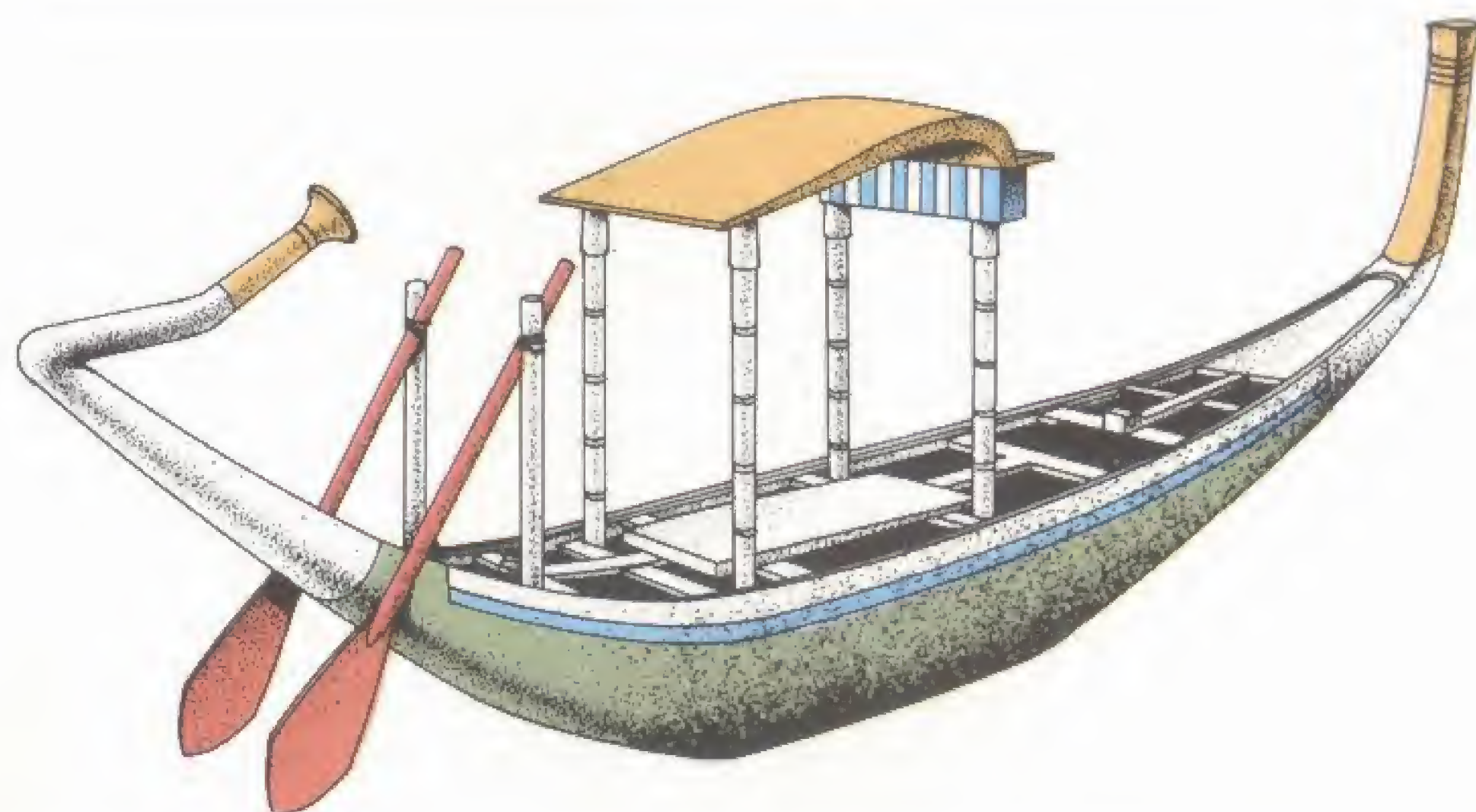
**Acción mecánica** Aunque los timones sean cada vez más sofisticados y complejos, su funcionamiento se basa en el mismo principio mecánico. El movimiento de avance del casco obliga al agua a rodear las dos superficies del timón: cuan-

do éste se encuentra alineado con el eje del casco, no se produce variación alguna de dirección. Sin embargo, si se gira el timón hacia la derecha o la izquierda, el ángulo según el cual es alcanzado por el agua produce una diferencia de presión entre ambas superficies del timón. Esta diferencia de presión genera una fuerza que se dirige desde el lado de mayor presión hacia el de menor. La popa se desplaza lateralmente según la dirección de esta fuerza, provocando el desplazamiento de la proa en dirección opuesta. De esta forma tiene lugar el viraje. Por ejemplo, si se gira el timón hacia la derecha, se produce un aumento de la presión sobre la cara derecha del timón. La popa, por la acción de esta fuerza, se desplaza hacia la izquierda, la zona de menor presión, haciendo girar la proa hacia la derecha.

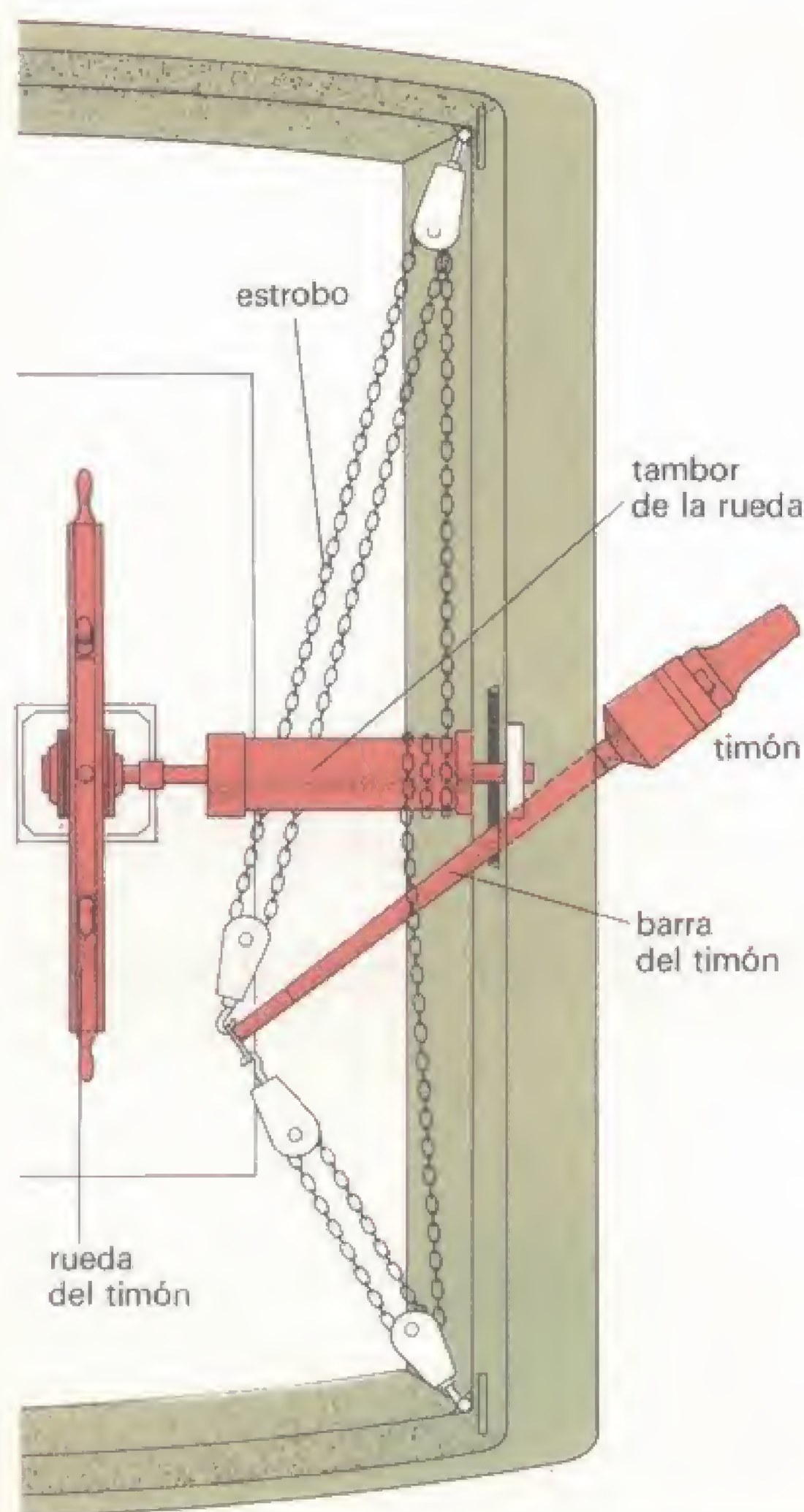
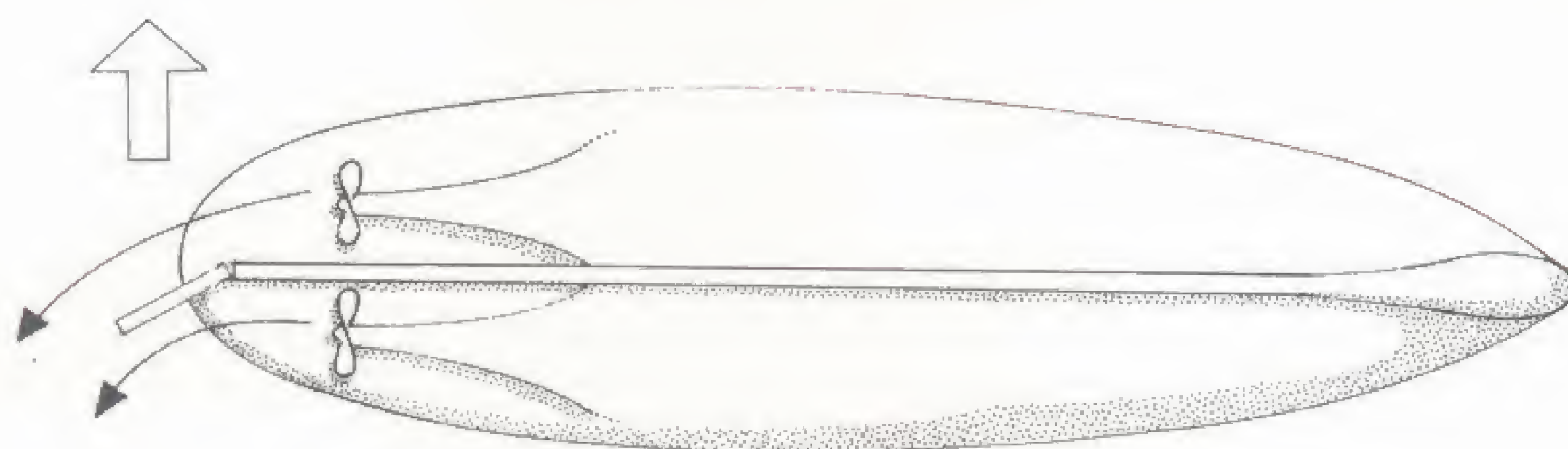
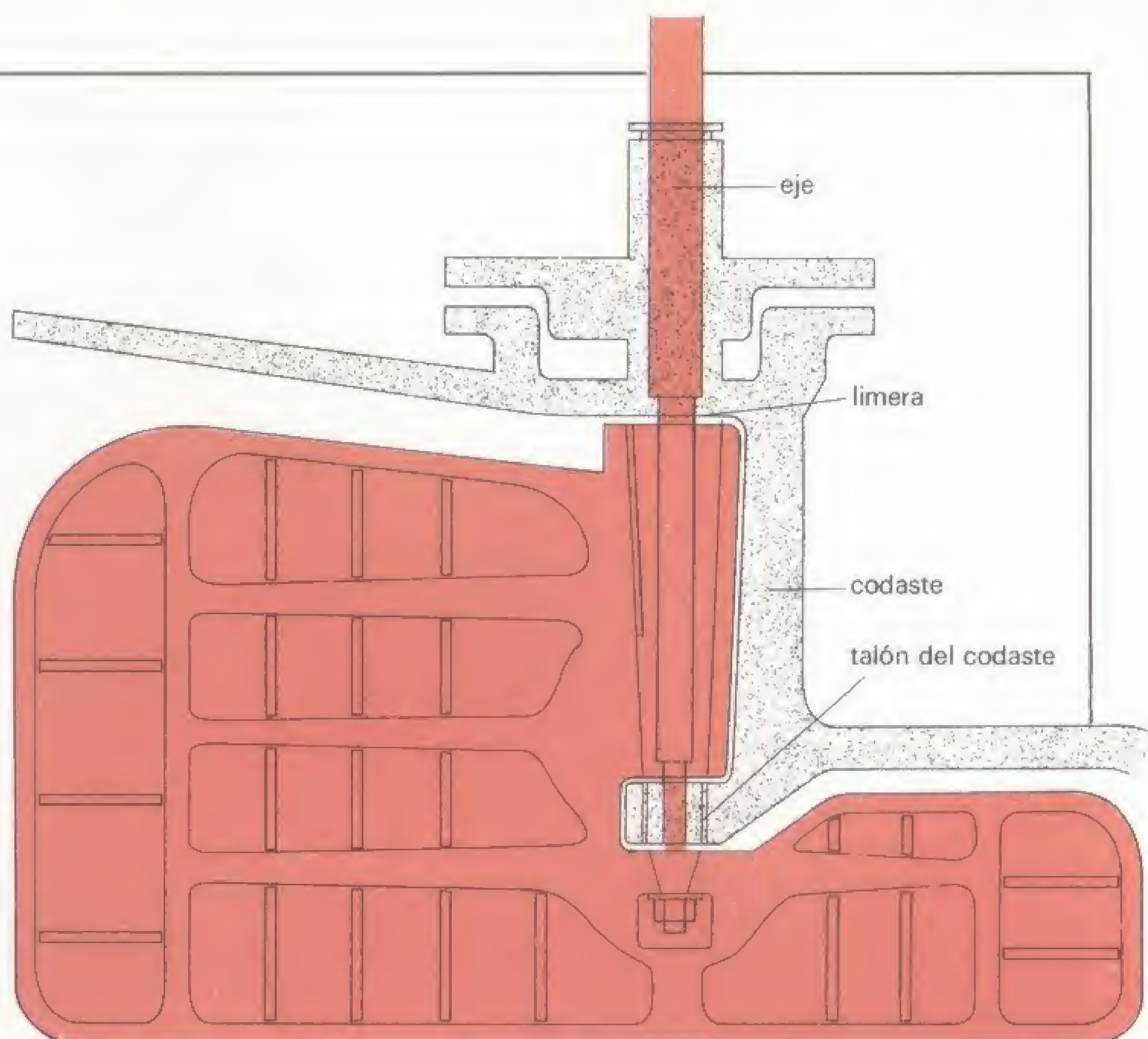
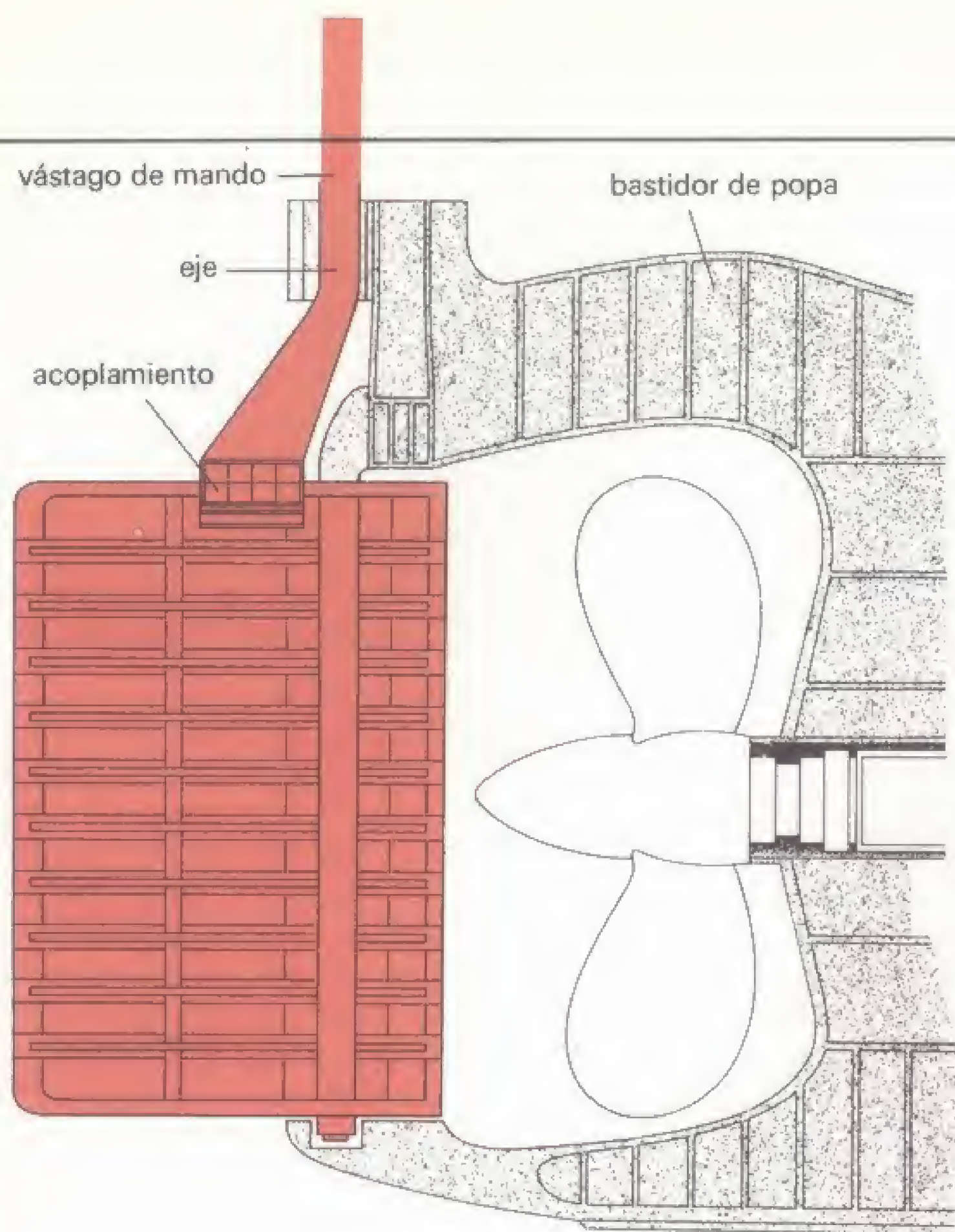
**Aplicaciones modernas** Aunque el tradicional timón de popa se emplea en la mayoría de las embarcaciones, las exigencias de la navegación moderna han llevado a algunos proyectistas a potenciar el efecto del timón mediante un sistema de

dirección auxiliar. Estas mejoras suplementarias consisten frecuentemente en pequeñas modificaciones de diseño del timón convencional. Por ejemplo, el *timón articulado* está dotado de una superficie móvil, o *flap*, que puede ser girada hasta un ángulo superior al de la propia superficie del timón; con ello se aumenta notablemente la fuerza que actúa sobre éste, y, por consiguiente, el par que hace girar el barco. Los *timones activos* están dotados de dispositivos interiores de propulsión, como hélices o chorros de agua producidos por bombas, que pueden aumentar el empuje lateral y la velocidad de respuesta del timón. Estas mejoras se introducen, generalmente, en embarcaciones que deben efectuar maniobras rápidas con pequeños desplazamientos. Otros sistemas auxiliares de guía incrementan la capacidad de maniobra, mediante el empleo de chorros de agua, colocados en los flancos del casco, cuyo caudal y dirección están regulados por una serie de válvulas.

Véase Embarcaciones deportivas; Hélice







En la página anterior, arriba, vemos un barco egipcio con dos timones para la navegación fluvial. En el río, estos timones, más que para dirigir, se utilizan como remos de mano para la propulsión. Abajo, una sección de la línea media de un barco en la que se puede observar el reenvío de la barra del timón, entre la protección del timonel y la barra horizontal que pasa bajo cubierta, cerca de la línea de flotación, y que manda el timón mismo. Con este mecanismo se obtiene un ángulo mínimo de orientación del timón, utilizable únicamente para maniobrar a altas velocidades. En esta página, arriba, dos timones metálicos compensados. Estos dibujos evidencian que el timón es una especie de puerta sujeta por una pareja de pernos. Al girar el timón, mientras el barco está navegando,

se actúa sobre el flujo de agua que corre a lo largo del casco, dando lugar a una reacción que cambia el rumbo del barco. Sin embargo, la acción del agua sobre el timón ejerce una gran fuerza sobre la barra que lo mantiene girado: si el eje de giro del timón está situado hacia el centro, de forma que la presión del agua sobre la parte anterior compensa parcialmente la de la parte posterior, la fuerza es mucho menor. Arriba, esquema de un barco de dos hélices con el timón orientado. Cuando el barco se encuentra parado, la corriente de agua movida por las hélices provoca el desplazamiento y el barco puede maniobrar. Abajo, a la izquierda, mecanismo de un timón para velero con rueda y estrobo; a la derecha, timón para una embarcación pequeña.





# Tinta

**A** lo largo de los más de cuatro mil años en los que ha sido utilizada por muy distintas civilizaciones, la tinta ha tenido una composición basada en numerosos y dispares ingredientes, muchos de ellos extraños: negro de humo, índigo, colas y gomas, sulfato de hierro, cáscaras de fitolaca, piel de asno, extracto de "campeche" (*Haematoxylin campechianum*), musgo, agallas de pez, corteza de hueso de fruta, hojas de zumaque, sustancias ferrosas, secreción de sepia, orina desecada de camello. El hombre ha usado todas estas sustancias para dejar señales más o menos indelebles en papiros, pergaminos o papel.

La tinta, de forma muy general, puede definirse como un fluido coloreado que se usa para escribir o imprimir. Dos son sus componentes principales: el colorante, que es el pigmento o tinte usado para dar el color, y la fase líquida, donde es disuelto el colorante, la cual suministra a la tinta la fluidez necesaria. Pero el llamado colorante no es una sustancia simple, y es frecuente que una tinta esté compuesta por diez ingredientes, o incluso más, dependiendo de su uso específico. Así, la tinta usada para imprimir los números de cuenta en los cheques contiene, entre otros componentes, minúsculas partículas de óxido de hierro que la hacen magnética, con objeto de poder "ser leída" por las máquinas electrónicas de control y registro.

**Propiedades generales** Todas las tintas de buena calidad deben poseer deter-



Giovanni Gnocchi S.p.A., Milán



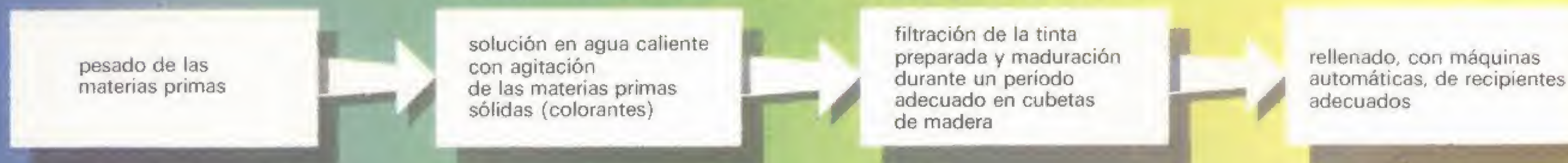
La tinta, el familiar fluido coloreado del que nos servimos para escribir sobre papel, puede cumplir otras muchas funciones. A título de muestra, las imágenes recogen algunas de ellas. Arriba, a la izquierda,

tinta para pluma estilográfica: es fluida brillante, intensa. Arriba, a la derecha, tintas para usos especiales: entre ellos, para aparatos registradores, como manómetros y barógrafos, para escritura sobre metales (cinc, acero),

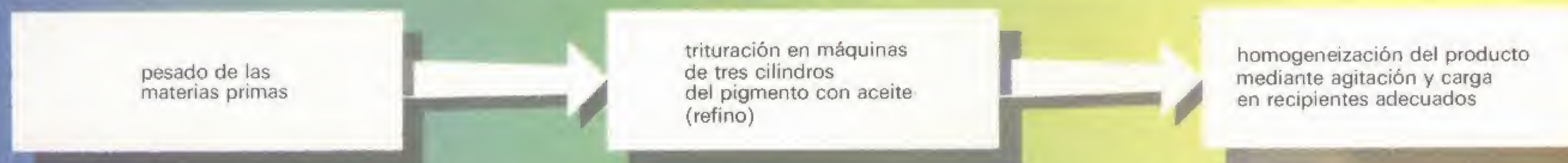
minadas propiedades. En especial, una buena tinta —ya sea para escritura o para impresión—, una vez seca, no debe desparramarse (correrse) ni disolverse cuando entra en contacto con el agua (cualidad conocida como "permeabilidad"); tampoco debería desteñirse si se expone a la luz (resistencia a la luz). Las tintas, por otra parte, deben secar rápidamente, fluir con regularidad a través de una pluma y no dejar manchas cuando se borra de forma adecuada. Los avances en este campo han sido notables, dándose el caso de tintas que tienen mayor duración que el propio papel sobre el que han sido usadas.

Una típica tinta azul para escritura se fabrica disolviendo una sal de hierro (sulfato ferroso) y ácido gálico (que es un derivado del tanino) en agua destilada. Esta sencilla fórmula se remonta al siglo XII, cuando se descubrió que la combinación de sales de hierro con algunos extractos del tanino formaba un compuesto capaz de dejar una huella gráfica permanente.

## TINTAS ESTILOGRAFICAS Y PARA SELLOS A BASE DE GLICERINA



## TINTAS PARA SELLOS A BASE DE PIGMENTOS OLEOSOS



## TINTAS PARA IMPRESION TIPOGRAFICA





Dado que una tinta de este tipo, a base de agua, oscurece tras una continuada exposición al aire, hoy se añade un pigmento azul soluble con el fin de conseguir una escritura clara y legible desde el mismo momento en que se deposita sobre el papel. Otra tinta famosa, la denominada "china", está hecha con partículas de negro de humo dispersadas en una sustancia adherente (tipo goma) en agua. Su utilización en el campo del dibujo aún no ha sido superada, a pesar de su gran antigüedad.

**Tintas modernas multiuso** La invención, hacia 1860, de los colorantes sintéticos permitió que la tinta dejase de tener que contener, necesariamente, las pequeñas partículas insolubles de material orgánico que le proporcionaban un color característico. No obstante el avance que ello supuso, los colorantes sintéticos no fueron sino un preludio de las tintas usadas en los bolígrafos modernos. Estas deben ser lo bastante viscosas para no escurrir, por efecto de la gravedad, a través del orificio, pero lo bastante fluidas como para deslizarse con regularidad sobre la superficie de la bolita que forma la punta. Además, deben ser intensas y perdurables, resistiendo a la decoloración por efecto de los diversos elementos que actúan en ese sentido, especialmente el rozamiento y la luz.

Una combinación de colorantes sintéticos resistentes a la luz y de disolventes a base de glicoles, o bien de algún alcohol, produce una tinta viscosa que fluye con regularidad a través de la punta de la plu-



Colorama, S.p.A., Caleppio de Settala, Milán

ma y seca rápidamente. A esos ingredientes de base se añaden con frecuencia otros productos: agentes "humedecedores" (para mejorar el deslizamiento sobre el papel), agentes secantes (para favorecer el secado), fungicidas y alguicidas (para evitar el desarrollo de gérmenes que, entre otros efectos, podrían obstaculizar, e incluso impedir, el flujo).

Por otra parte, gracias a los colorantes sintéticos, actualmente pueden fabricarse tintas de cualquier color.

**Tintas para impresión** Si las tintas para escritura manual suelen obtenerse de disoluciones en agua, las tintas para impresión son líquidos viscosos, a base de aceites, cuya consistencia es similar a la de los barnices. En la época en la que Gu-



→ para sellos, etc. Bajo la anterior, tintas especiales para sellar carnes, quesos, cajas de madera, etcétera. Abajo, esquemas explicativos de los procesos de producción de varios tipos de tinta. En cada esquema se recogen sólo las fases principales. El primero, en la parte superior, se refiere a la producción de tinta estilográfica; el segundo, a la de tintas oleosas para sellos; finalmente, el tercero, a la de tintas para impresión.

La producción de tintas para impresión se desarrolla a través de numerosas fases, como muestra el esquema a pie de página. Cada fase requiere aparatos y maquinaria a propósito. En el centro de la página, imagen de una máquina para la trituration de la pasta que ha resultado de la amalgama de los pigmentos. Dicha pasta, contenida en el recipiente colocado en lo alto de la máquina, es vertida en la parte inferior, donde están

situados los cilindros de trituration. Las modernas tintas para impresión, negras o de otro color, deben poseer diversas características, resultando cada vez más exigentes los estándares de calidad. Para verificar que la tinta corresponde a lo requerido por las especificaciones, el propio fabricante suele disponer de máquinas de impresión, en las que las prueba, y con las que experimenta en busca de nuevas características que las hagan cada vez más perfectas. Una de esas máquinas se muestra en la parte superior de esta página.

tenberg inventó los caracteres móviles para impresión (casi mediado el siglo XV), las tintas de impresión se fabricaban mezclando aceite de lino cocido (o laca) con negro de humo. Pero la composición de las modernas tintas para imprimir varía según el soporte (papel o plástico, por ejemplo), que debe ser impreso o según el tipo de proceso de impresión. Por otra parte, se pueden variar los pigmentos para mejorar el brillo, la opacidad, la absorbencia, la resistencia al borrado, la estabilidad química, la capacidad de resistencia al calor etc. Los aditivos secantes permiten a las tintas para impresión depositarse, oxidarse y evaporar rápidamente, factores, estos, que son críticos en los procesos de impresión a alta velocidad (entre 5.000 y 25.000 copias por hora).

Véase Bolígrafo; Colorantes; Impresión; Impresión en offset; Pluma estilográfica

#### TINTAS PARA IMPRESION EN OFFSET





# Tiranosauo

**L**os Tiranosáuridos constituían la familia de dinosaurios más adaptada al régimen carnívoro. El *Tyrannosaurus*, que da nombre al grupo, y cuyos restos se han hallado en América del Norte y Mongolia, en depósitos del Cretácico superior, es el mayor carnosaurio conocido. Poseía una enorme cabeza, de aproximadamente 1,25 metros de longitud, provista de dientes cortantes, de unos 10 centímetros de largo cada uno, que hacían de él un temible predador.

**Evolución** El tiranosauo pertenece a la Superfamilia de los *Carnosaurios*, incluida en el Orden *Saurischia*. La evolución de los carnosaurios se produjo a lo largo del Mesozoico (Era Secundaria), y desembocó en una adaptación cada vez mayor al régimen carnívoro y en el aumento del tamaño de sus representantes. El *Tyrannosaurus rex* era el de mayor tamaño: podía alcanzar quince metros de largo, y en posición erguida superaba los seis metros y medio de altura.

Probablemente, los tiranosáuridos se desarrollaron a partir de otros carnosaurios de menor tamaño y especialización, como los megalosáuridos. El género *Allosaurus*, por ejemplo, era similar al tiranosauo; alcanzaba hasta 12 m de longitud y, como éste, tenía grandes dientes, ligeramente curvados hacia dentro. Sus extremidades anteriores eran muy cortas, y estaban provistas de tres dedos con garras. Por su parte, el *Tyrannosaurus*, de mayor tamaño que los megalosáuridos, sólo conservaba dos dedos funcionales en las extremidades anteriores, que estaban provistos de fuertes garras prensiles.

**Capacidad de predación** El tiranosauo fue, probablemente, un potente predador que atacaba a formas herbívoras de dinosaurios, como los hadrosaurios o los ceratopsios. Los primeros eran dinosaurios adaptados a la vida acuática. La parte anterior de sus mandíbulas estaba protegida por un pico ancho, por lo que también se les llama dinosaurios de "pico de pato." Debieron constituir una presa relativamente fácil para el tiranosauo, y se supone que su mecanismo de defensa era, en primer lugar, la vida acuática y, por otra el agudo sentido del olfato que se les atribuye, ya que presentan un gran desarrollo de la región nasal, probablemente, para detectar con más facilidad la presencia de los carnosaurios, lo que les permitía después ponerse a salvo.

Los ceratopsios eran dinosaurios cuadrúpedos que, generalmente, poseían cuernos. Los *Triceratops*, por ejemplo, eran herbívoros de unos siete metros de longitud y aproximadamente diez tonela-

das de peso. Según parece, su defensa frente al *Tyrannosaurus* y otros carnosaurios consistía en dos largos cuernos frontales, con los cuales embestía al agresor, y en una fuerte gola alrededor del cuello.

Las características anatómicas del tiranosauo le permitían una predación muy activa, de gran eficacia por su tipo de dientes, a los que ya nos hemos referido. Como todos los carnosaurios, era bípedo, con unas robustas extremidades posteriores adaptadas a la carrera, que le permitían perseguir y alcanzar a presas veloces. Su enorme cola actuaría como balancín para mantenerle en equilibrio ante cualquier tipo de movimiento; entre otras, le permitiría adoptar una posición de ataque prácticamente horizontal. Sus extremidades anteriores eran muy cortas, y tenían dos dedos provistos de fuertes garras, lo que sugiere que su función debía ser exclusivamente prensora. Su cintura pélvica era muy robusta, permitiéndole la inserción de potentes músculos, como lo de-

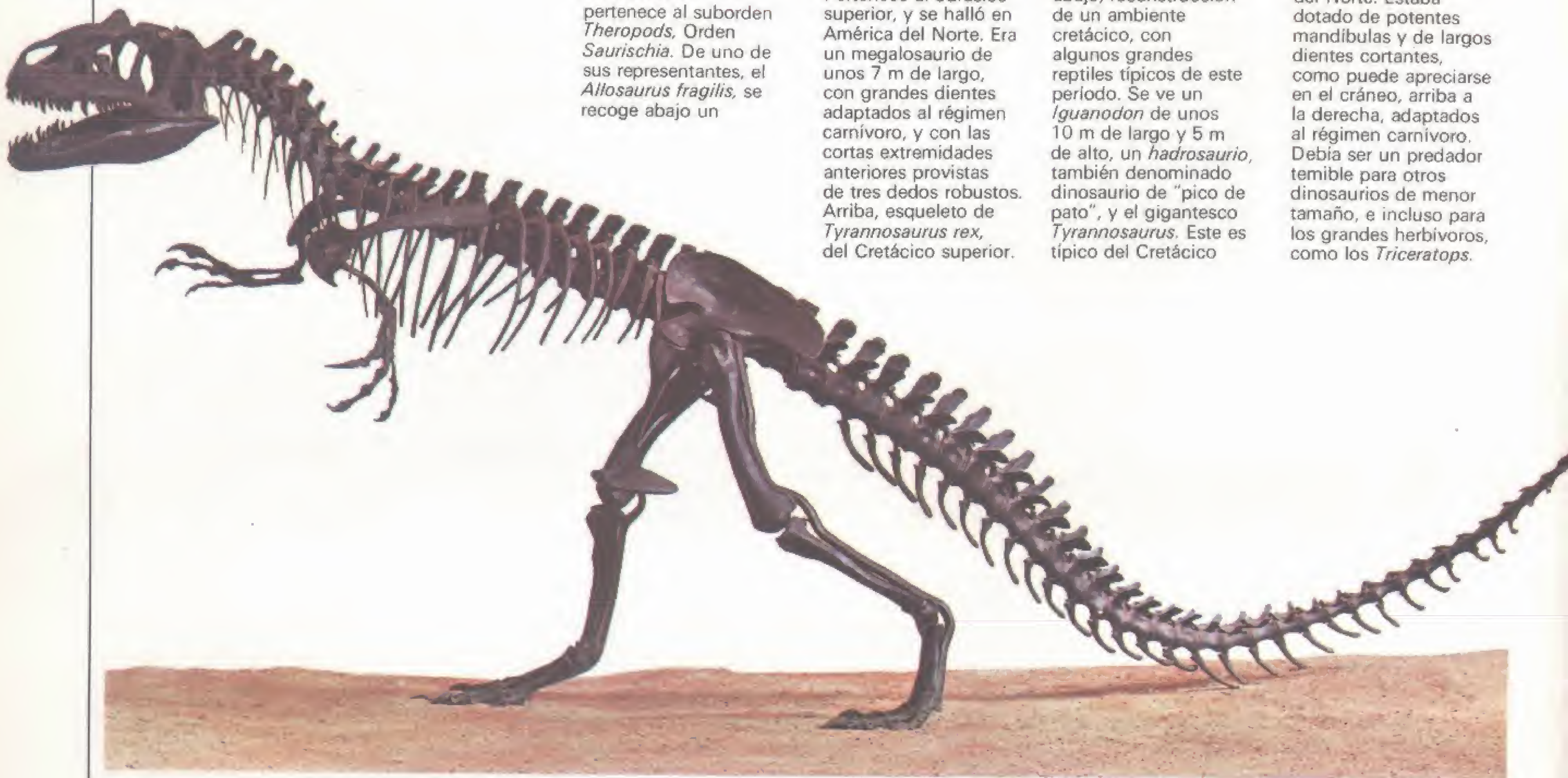


La Superfamilia *Carnosaurios* pertenece al suborden *Theropods*, Orden *Saurischia*. De uno de sus representantes, el *Allosaurus fragilis*, se recoge abajo un

esqueleto completo. Pertenece al Jurásico superior, y se halló en América del Norte. Era un megalosauo de unos 7 m de largo, con grandes dientes adaptados al régimen carnívoro, y con las cortas extremidades anteriores provistas de tres dedos robustos. Arriba, esqueleto de *Tyrannosaurus rex*, del Cretácico superior.

En la página siguiente, abajo, reconstrucción de un ambiente cretácico, con algunos grandes reptiles típicos de este período. Se ve un *Iguanodon* de unos 10 m de largo y 5 m de alto, un *hadrosauo*, también denominado dinosaurio de "pico de pato", y el gigantesco *Tyrannosaurus*. Este es típico del Cretácico

superior de América del Norte. Estaba dotado de potentes mandíbulas y de largos dientes cortantes, como puede apreciarse en el cráneo, arriba a la derecha, adaptados al régimen carnívoro. Debía ser un predador temible para otros dinosaurios de menor tamaño, e incluso para los grandes herbívoros, como los *Triceratops*.





muestra la gran expansión ósea del pubis. Por otra parte, la gran altura que alcanzaban erguidos les permitía atrapar también las presas que planeaban, como, por ejemplo, los pterodáctilos.

Véase Brontosauo; Dinosaurios; Mesozoica, era; Stegosaurus





# Tiroides

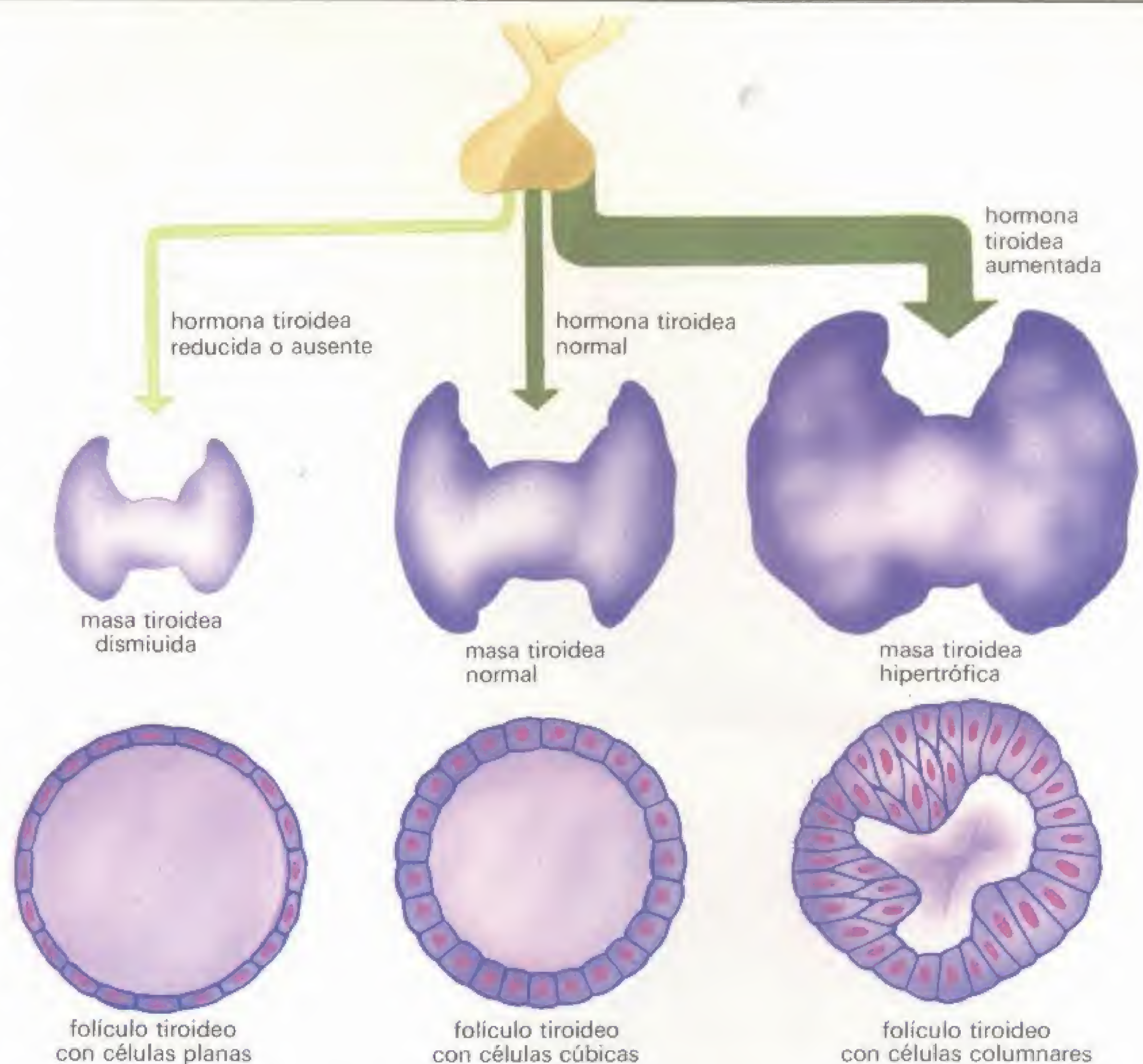
**P**or lo general, nadie se preocupa de su glándula tiroides hasta que algo en ella comienza a no funcionar bien. En efecto, sólo cuando esta glándula es afectada por algún proceso patológico, surge el interés por conocer los efectos que producen las hormonas que segrega, implicadas en la regulación de los procesos metabólicos con los que el organismo transforma los alimentos en energía. La insuficiente producción de las hormonas tiroideas en los niños, por ejemplo, puede alterar el crecimiento y provocar enanismo.

En los seres humanos, la glándula tiroides se encuentra situada delante de la tráquea, en la parte anterior de la base del cuello. Dicha glándula pesa aproximadamente 30 gramos y está dividida en dos lóbulos, unidos entre sí por medio de una estrecha banda de tejido denominada *istmo*. En lo que concierne a su aspecto y posición, podría ser representada como un órgano en forma de mariposa, situado internamente, justo bajo la nuez de Adán.

**Los folículos tiroideos** La unidad funcional de la glándula tiroides está constituida por los *folículos*. Cada folículo es un pequeño saco hueco cuyo diámetro mide de 0,05 a 0,5 milímetros. En el interior de los folículos —que al microscopio aparecen llenos de una sustancia rosácea y gelatinosa llamada "coloide"— tienen lugar las reacciones bioquímicas que producen las hormonas más importantes de esta glándula. Una envoltura esférica, formada por células compactas, circunda al coloide; la envoltura está a su vez delimitada por una sutil lámina recorrida por una densa red de capilares, vasos linfáticos y terminaciones nerviosas.

La glándula tiroides necesita una sustancia fundamental para la síntesis de sus hormonas: el *yodo*. Esta sustancia es captada, bajo la forma de yoduro inorgánico, a través de los alimentos y del aire. Las células foliculares y el coloide desempeñan una función importante en la síntesis hormonal. Una hormona distinta, llamada *calcitonina*, se produce en el espacio existente entre los folículos y regula el nivel de calcio en el plasma sanguíneo.

**Síntesis hormonal** El yoduro absorbido por el organismo se concentra en las células de los folículos, las cuales lo transforman en yodo, que es después transferido al coloide. En las mismas células, un aminoácido yodado, llamado *tirosina* (que, como el yoduro, se absorbe con los alimentos), se une a una gran molécula de proteína, formando una sustancia, llamada tiroglobulina, que también pasa al coloide. Una vez en él, los átomos de yodo se unen con una porción de tirosina de la tiroglobulina para formar las hormonas propiamente dichas: la *tiroxina*, cuya molécula contiene cuatro átomos de yodo, y la *tri-yodotironina*, con tres átomos de yodo. Ninguna de las dos hormonas yodadas es activa bajo esta forma, dado que todavía permanecen ligadas a la tiroglobulina, que hace el complejo demasiado grande para

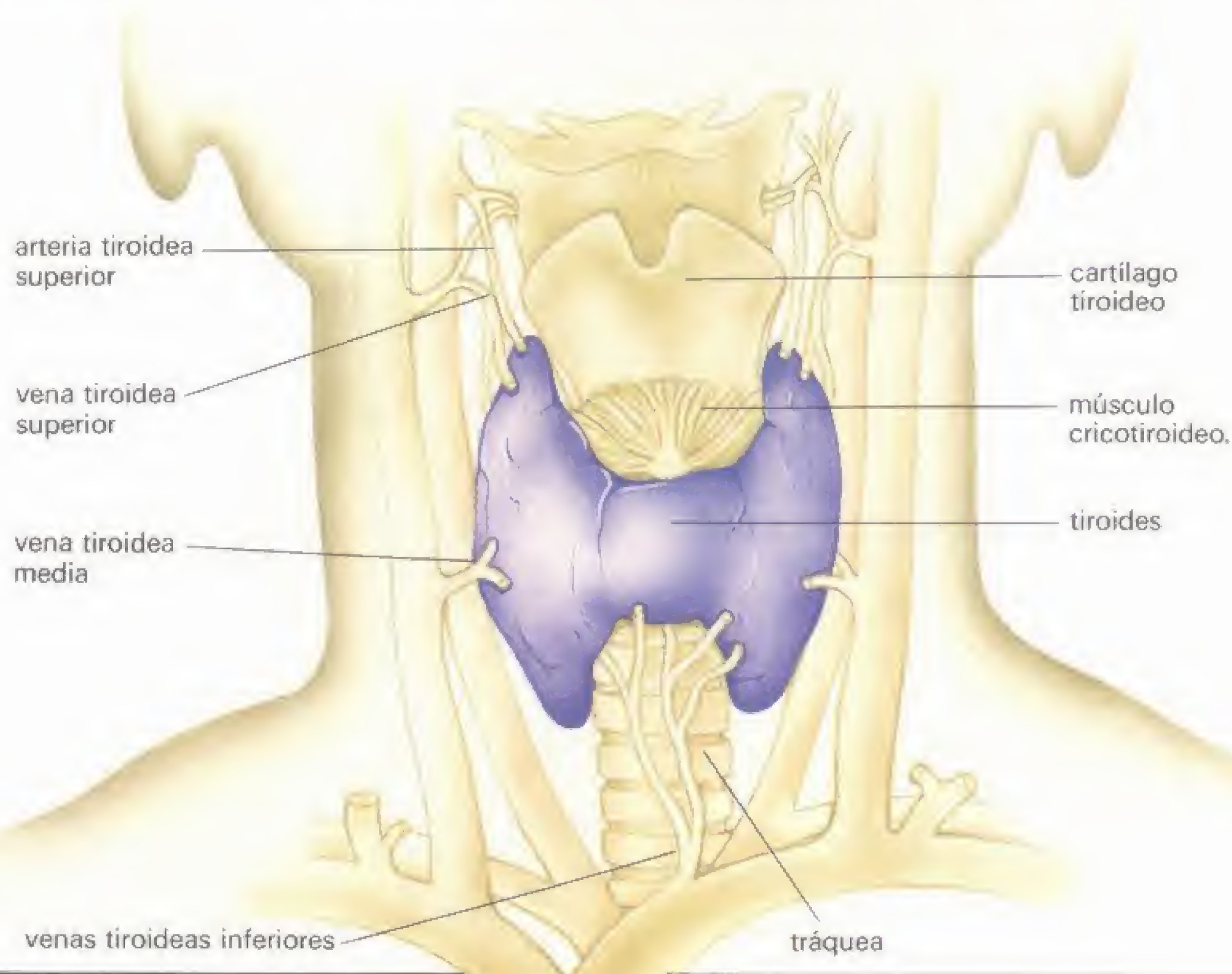


En la figura de la parte inferior se representa la posición de la glándula tiroides en el cuerpo humano y sus relaciones con los órganos vecinos. La glándula se encuentra situada en la base del cuello, delante de los primeros anillos traqueales, a los cuales está fijada por tejido conectivo. Los lóbulos tiroideos alcanzan hasta la

laringe, sobre la cual reposan sus extremidades superiores. Una rica red vascular asegura a la glándula una densa vascularización: basta pensar que a través de la glándula tiroides circulan cerca de cinco litros de sangre por hora. Arriba, aspecto de la glándula y de sus células foliculares en los dos casos típicos de disfunción tiroidea:

en el *hipotiroidismo*, caracterizado por la insuficiente secreción de hormonas tiroideas, la glándula aparece disminuida de tamaño con respecto al normal, siendo las células foliculares planas; en el *hipertiroidismo*, debido al exceso de hormonas tiroideas circulantes, la glándula tiroides aparece desarrollada de manera anormal,

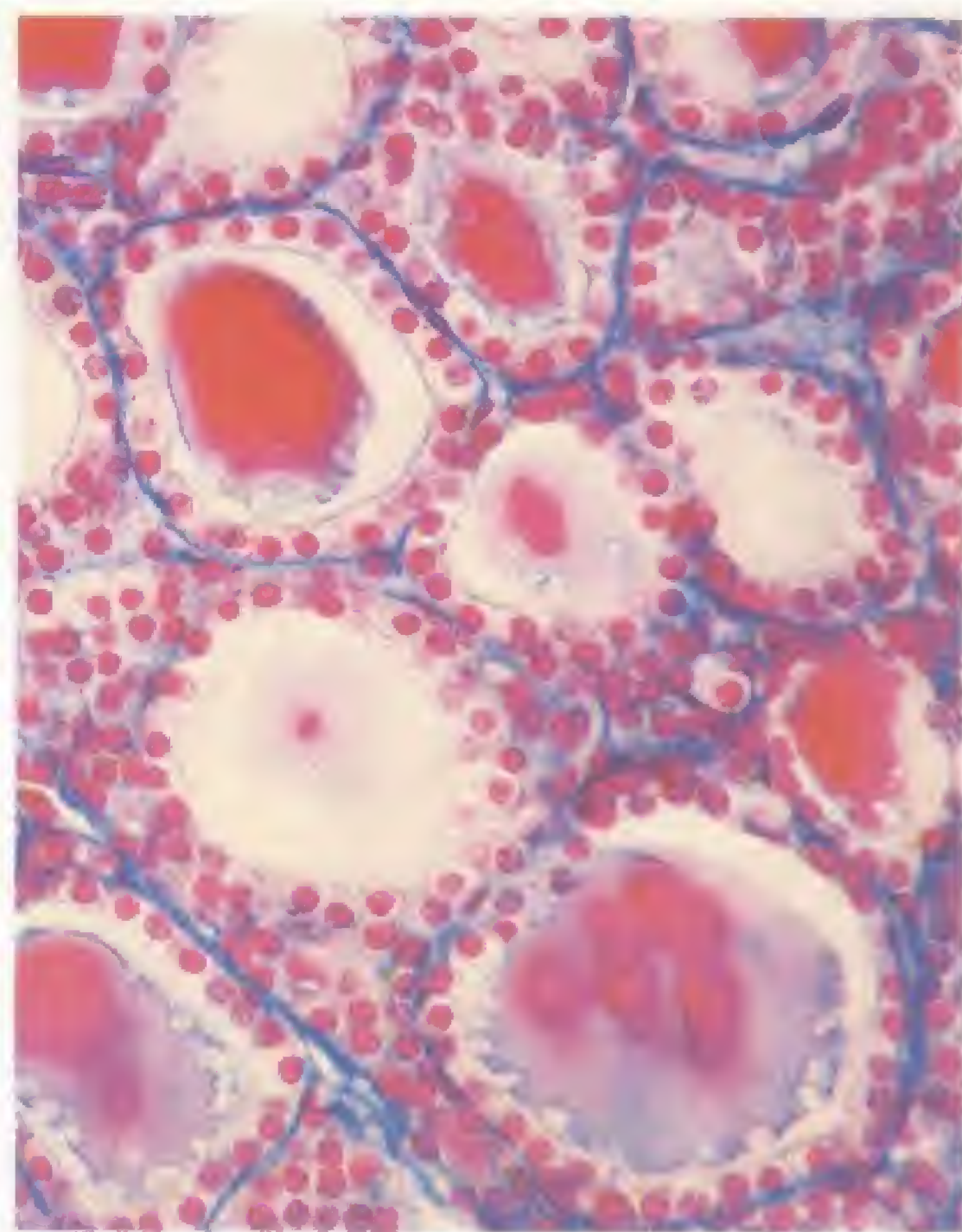
siendo las células foliculares del tipo columnar. En el centro, por comodidad para la confrontación, aspecto de la glándula tiroides en individuos sanos. Abajo, en la página de al lado, algunas pruebas para controlar la función tiroidea, como son la determinación del metabolismo basal y la prueba de fijación del yodo.







E. Giovenzana



Hospital Americano de Neuilly - Servicio de Medicina Nuclear

Junto a estas líneas, estudio termográfico del tiroides. Se pone de manifiesto un nódulo frío en la base del lóbulo derecho. Arriba, tejido tiroideo visto al microscopio. La morfología del folículo varía según el estado funcional de la glándula: si se

encuentra en una fase de gran actividad, las células son voluminosas y los folículos contienen poca cantidad de coloide; si, por el contrario, la glándula se encuentra en un estado de relativo reposo, las células aparecen aplanadas.

salir del interior del folículo. El coloide de cada folículo constituye una especie de depósito para estas hormonas ligadas a la tiroglobulina, las cuales permanecen ahí hasta el momento en que deben ser utilizadas por el organismo. Apenas surge la necesidad de hormonas tiroideas en el organismo, las células de los folículos actúan sobre el coloide gelatinoso e ingieren porciones de éste mediante un proceso llamado *pinocitosis*. Tras ese proceso, una serie de enzimas liberan las hormonas de la tiroglobulina. Las moléculas hormonales llegan, por tanto, a ser suficientemente pequeñas como para pasar al torrente circulatorio a través de la membrana y de la lámina folicular. Una vez en la sangre, la mayor parte de las hormonas tiroideas se une a las proteínas presentes en el plasma, distribuyéndose, de esta forma, por todo el organismo.

**Regulación hormonal** La producción y la secreción de hormonas tiroideas está regulada por otra glándula endocrina, la glándula pituitaria, o *hipófisis*. Esta glándula segrega una hormona denominada *hormona estimulante de la tiroides* (o TSH), que sirve para regular la producción de hormonas tiroideas.

Este sistema de *feedback* (o autorregulación) biológico asegura, por lo general, un nivel constante y correcto de hormonas tiroideas en el organismo. Si, por ejemplo, la tasa sanguínea de tiroxina disminuye, la hipófisis segrega la hormona estimulante de la tiroides (TSH) que, a su vez, induce en la glándula tiroidea un incremento en la producción de tiroxina.



Los trastornos de la glándula tiroides pueden derivar de varios factores. El engrosamiento de esta glándula, que al exterior se manifiesta como *bocio*, puede estar provocado por tumores malignos o, más frecuentemente, por engrosamientos nodulares benignos, causados por diversos factores, incluida una baja asimilación del yodo a través de los alimentos o del aire. El *hipertiroidismo*, que se produce cuando se liberan excesivas cantidades de hormonas tiroideas a la sangre, causa, entre otros síntomas, nerviosismo, acele-

ración del ritmo cardíaco y aumento del metabolismo.

El *hipotiroidismo* se produce cuando las hormonas no se segregan en cantidades suficientes, provocando cansancio, hipersensibilidad a la temperatura y una disminución del metabolismo. Ambos trastornos pueden ser tratados con bastante facilidad, mediante intervenciones quirúrgicas o con medicamentos.

Véase **Endocrino, sistema; Hipófisis; Hormonas; Metabolismo**



# Titanio

NOMBRE	Titanio
SIMBOLO	Ti
ETIMOLOGIA DEL NOMBRE Y DEL SIMBOLO	del griego Titán, hijo de Urano y Gea
N. ATOMICO	22
PESO ATOMICO	47,90
ESTADO NATURAL	en los minerales rutilo e ilmenita
DESCUBRIMIENTO O AISLAMIENTO	W. Gregor (1791)
PRODUCCION	fusión de sus minerales con carbón y cloro, y reducción del tetracloruro con magnesio o sodio
P. f. °C	1.675
P. eb. °C	3.260
PESO ESPECIFICO O DENSIDAD	4,49
PROPIEDADES Y APLICACIONES	metal dotado de alta resistencia mecánica, utilizado (fundido o en aleación) en construcciones aeronáuticas; sirve también para la fabricación de aparatos químicos y de tornillos resistentes y ligeros; el dióxido de titanio se utiliza también como pigmento blanco en cerámica

**H**asta hace relativamente poco tiempo, el titanio era considerado un metal poco interesante. Por otra parte, su producción a escala industrial resultaba excesivamente cara. Pero dos hechos hicieron de él un elemento importante: el desarrollo de la era espacial, con su gran demanda en materiales metalúrgicos ligeros y resistentes a la corrosión, y el descubrimiento de nuevas técnicas relativamente baratas para su elaboración.

**Descubrimiento y producción** El descubrimiento del titanio tuvo lugar en 1791, correspondiendo tal hallazgo al químico británico William Gregor, cuando estudiaba un metal de color gris-plata que había encontrado. Poco después, en 1795, el químico austriaco Martin Kalproth, descubridor por su parte del uranio, le dio el nombre de titanio, que ha conservado hasta hoy. Kalproth, denominando así al nuevo metal, rendía homenaje a los Titanes, quienes, según la mitología griega, fueron los primeros hijos de la Tierra.

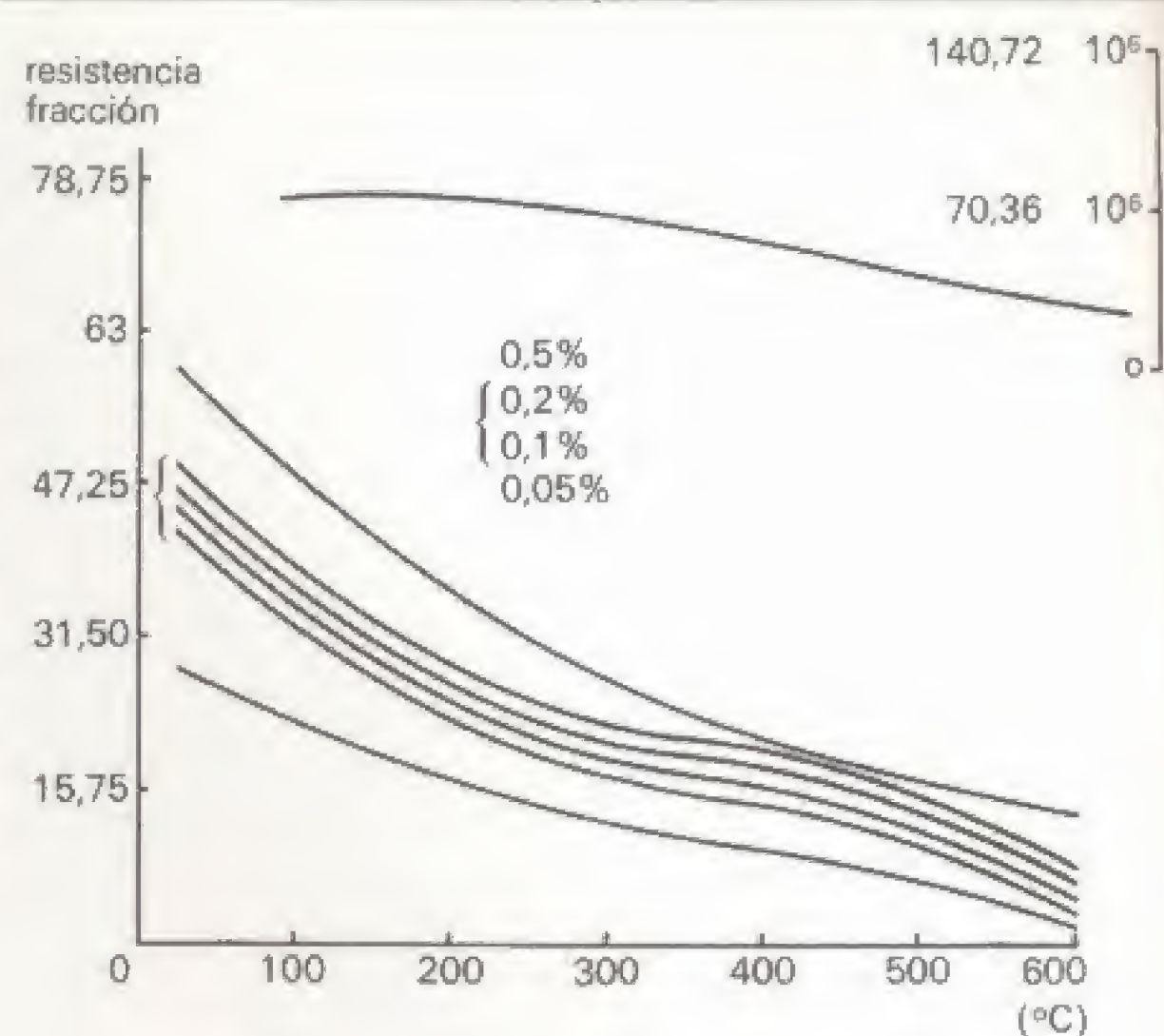
Más tarde se comprobó que el nombre era adecuado, pues este elemento es, en cuanto a su abundancia, el noveno de los que forman la corteza terrestre. Virtualmente, todas las rocas ígneas y sus sedimentos, muchos minerales (entre los que se encuentran principalmente los que contienen hierro) y todos los organismos vegetales y animales contienen titanio.

La fuente comercial de titanio más importante es el rutilo (dióxido de titanio), muy abundante en las arenas costeras. El titanio se encuentra también en la ilmenita, mineral constituido por óxido de titanio y de hierro.

Para su uso, el titanio debe ser previamente refinado, operación en la que es necesario prevenir su eventual reacción con sustancias gaseosas, tales como el nitrógeno, el oxígeno y el hidrógeno. Aunque

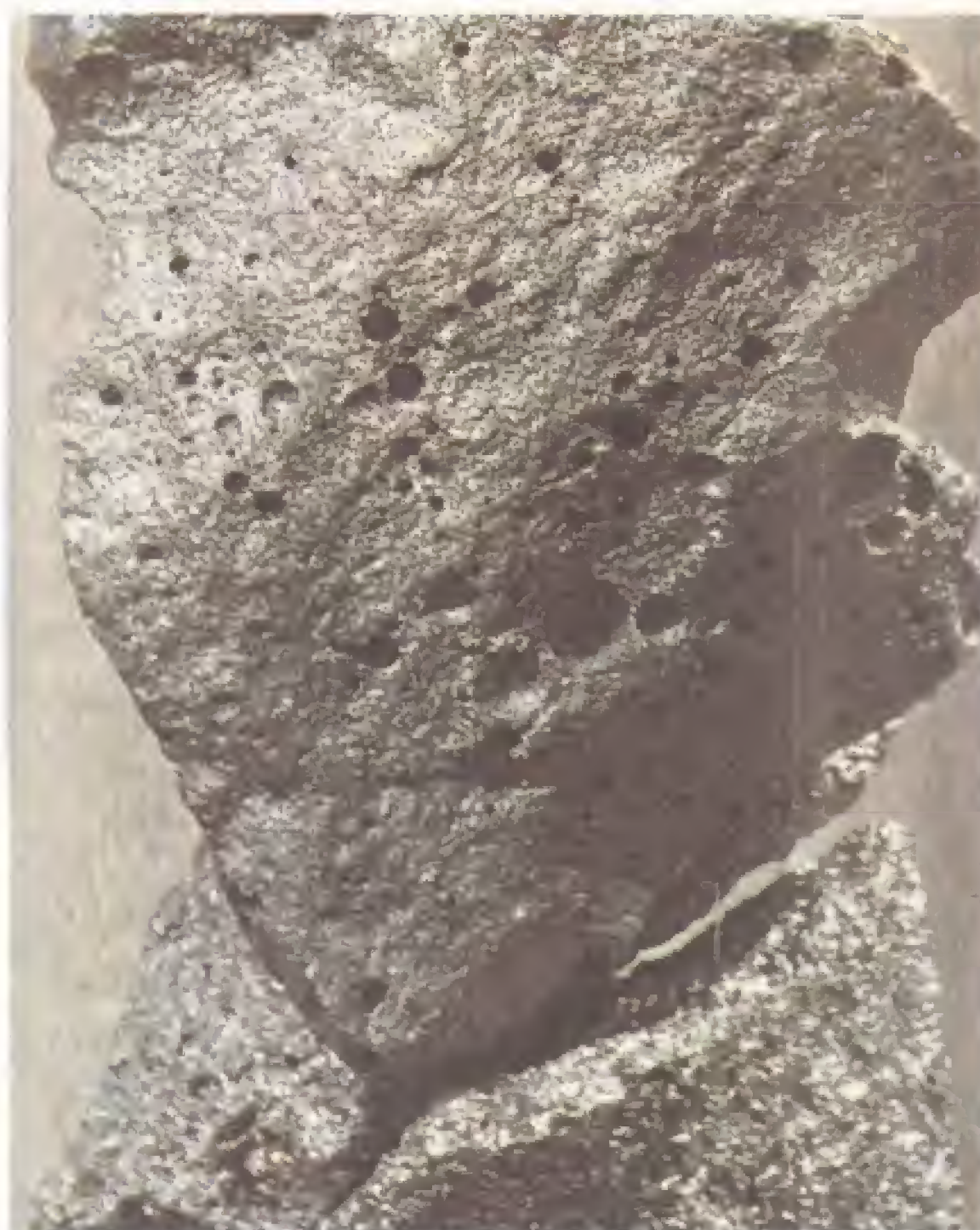
el nitrógeno atmosférico es normalmente inerte, sucede que el titanio es el único elemento que se quema en una atmósfera de nitrógeno, por lo cual debe evitarse a toda costa el contacto de ambos elementos. Además de preservarlo del nitrógeno, resulta crucial, durante el proceso de refinado, proteger el titanio de posibles factores contaminantes. Por ello, en el proceso que más se emplea en la actualidad, llamado *método de Kroll* —en recuerdo del ingeniero de origen alemán William J. Kroll—, el metal se mantiene constantemente en una atmósfera de gas inerte, como argón o helio, que inhibe la reacción con ningún otro elemento.

**Aplicaciones** Buena parte de las aplicaciones del titanio se derivan del hecho de ser muy resistente a la corrosión, debido a que en su superficie se forma una sutil capa de átomos que se combinan con el oxígeno y el nitrógeno, con la particularidad de que esa película de óxido-nitrato de titanio es extraordinariamente inerte, hasta el punto de que resiste el ataque del agua marina y de muchos tipos de ácidos. Tal resistencia a la corrosión convierte al titanio en un elemento imprescindible en la construcción de piezas para navíos, como las hélices, y de las máquinas utilizadas en la industria de la alimentación. Debe tenerse en cuenta que muchas sustancias alimenticias contienen ácidos orgánicos que atacan los elementos metálicos de las máquinas que se utilizan para su elaboración, provocando, con el transcurso del tiempo, efectos desagradables —cuando no nocivos— en el sabor, color y olor de los productos elaborados.



Sin embargo, las aplicaciones más importantes del titanio están relacionadas con su robustez y ligereza. Aleándolo con determinadas cantidades de otras sustancias, su dureza puede ser incluso mejorada. Por ejemplo, a igualdad de peso, las aleaciones de titanio son mucho más resistentes que las de aluminio. Por otra parte, su resistencia a la tracción y su ligereza han hecho del titanio uno de los metales más importantes de la era espacial, utilizándose fundamentalmente en la fabricación de piezas que deben soportar súbitas y elevadas presiones, como los compresores de los reactores para aviones y vehículos espaciales. Además, la disminución del coste de su producción ha contribuido de forma decisiva a hacer posible su utilización, cada día a mayor escala, en diferentes campos de aplicación.

Véase **Avión; Cohete; Sonda espacial; Tabla periódica de elementos**



Debido a que el titanio está muy difundido en la litosfera, su precio no debería ser elevado; pero los procesos de extracción consumen mucha energía y esto encarece al coste final.

El titanio se encuentra en la naturaleza en combinación con muchos minerales, algunos de ellos con fórmulas muy complejas. Entre los más simples se halla



el rutilo, un dióxido que se encuentra con frecuencia formando bellísimos cristales con forma de aguja; también es frecuente hallarlo en el cuarzo (véase la imagen sobre

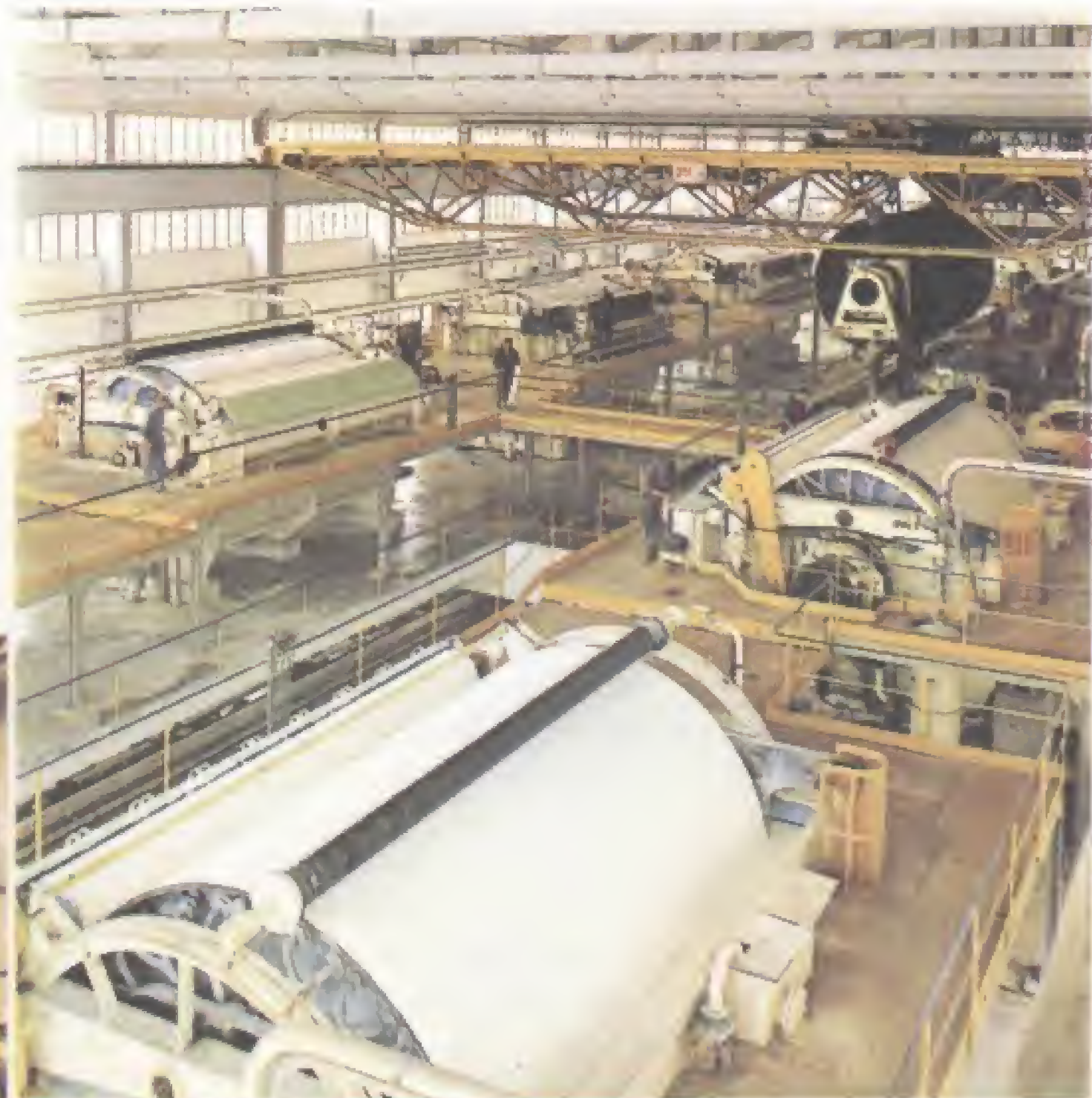
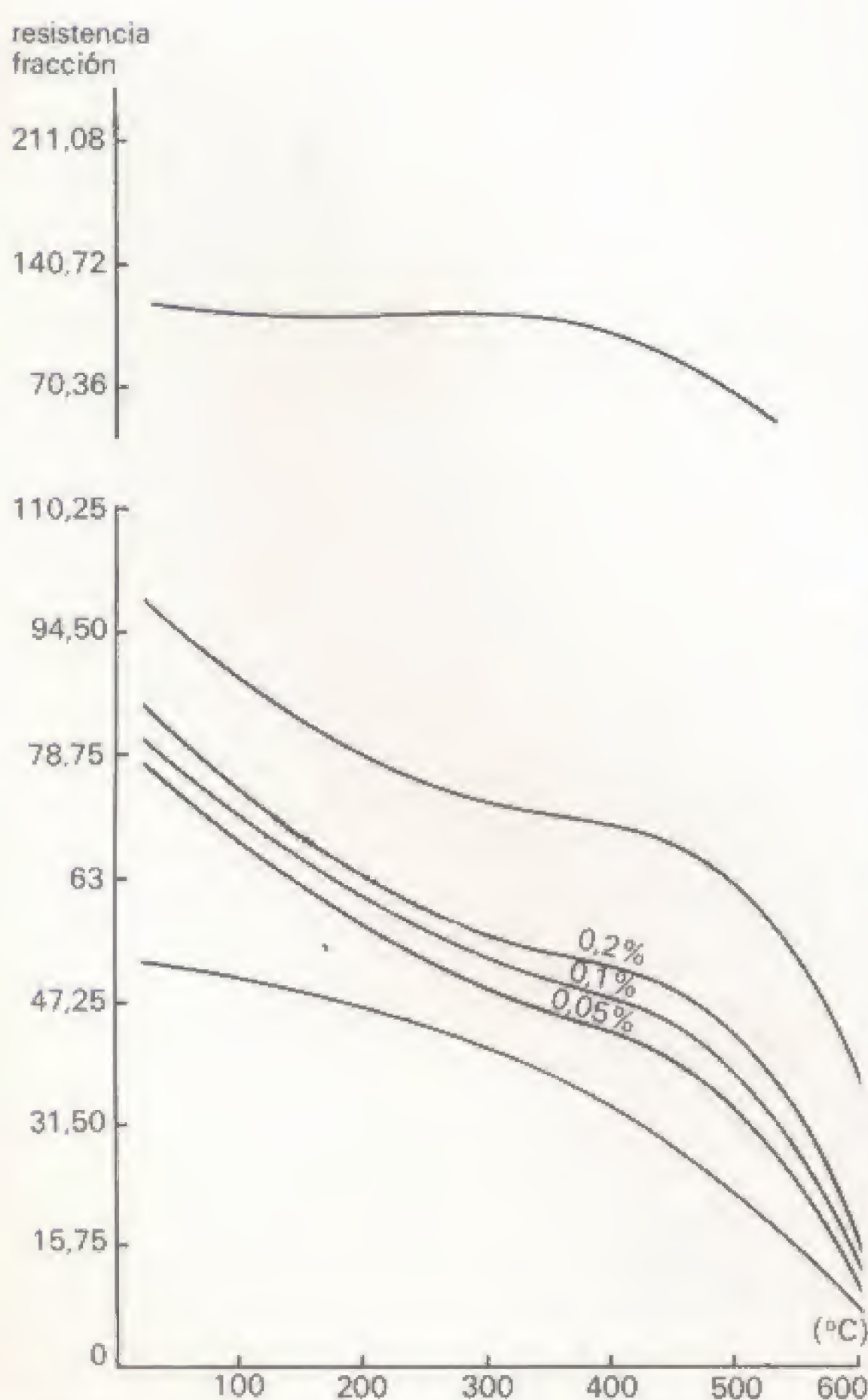
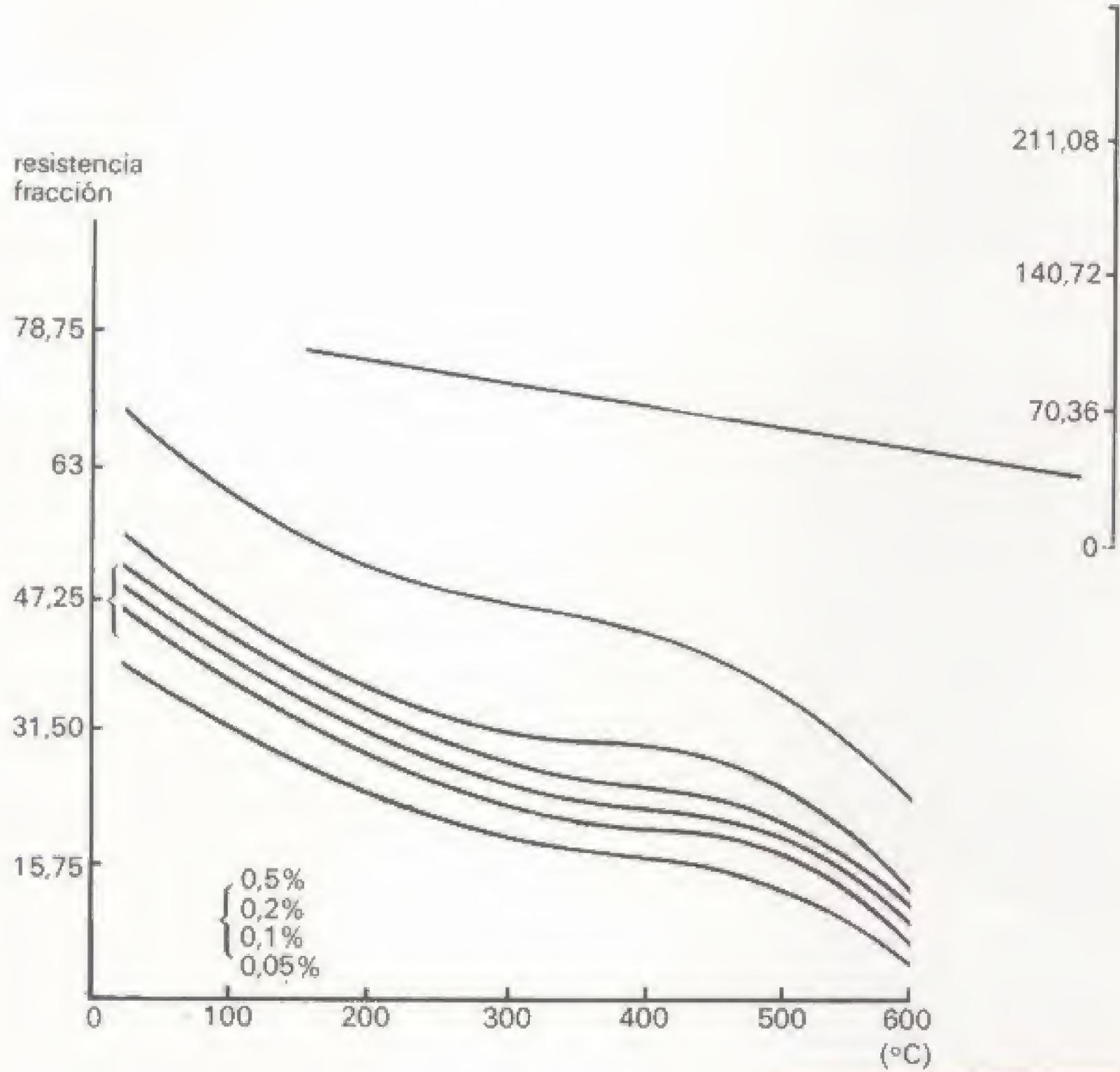
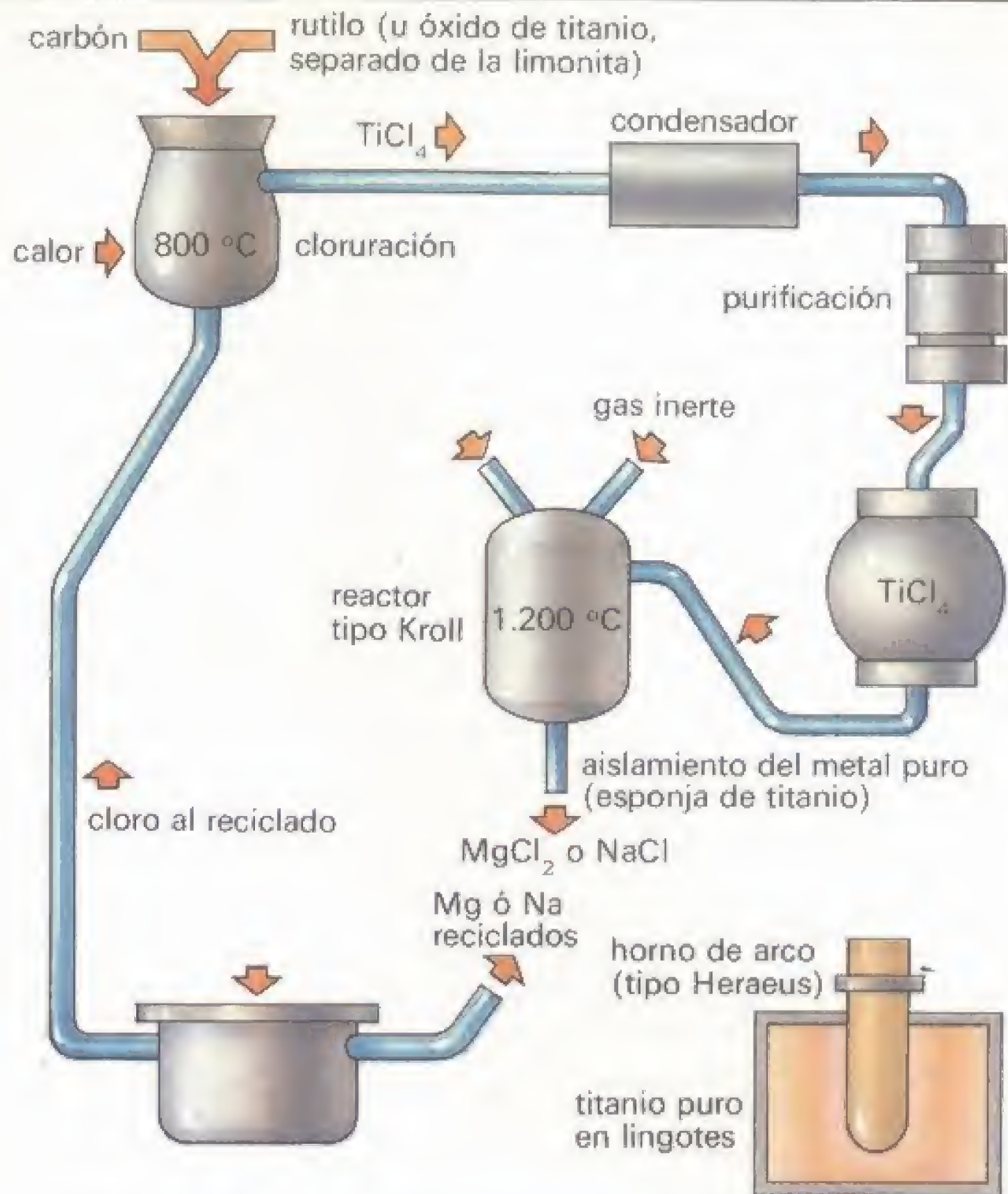
estas líneas, a la derecha) y en el anatasio. A la izquierda, titanio puro. La ilmenita es un titanato de hierro, y la titanita, un silicato de calcio y titanio.



A la izquierda, y bajo estas líneas, representación de las propiedades de algunas aleaciones de titanio. Sus aleaciones se caracterizan por una elevada resistencia a la tracción, siendo su peso específico algo superior al del acero. Por otra parte, poseen buenas cualidades mecánicas, tanto a bajas temperaturas —como las que se dan con frecuencia en el espacio—, como a altas, siendo muy resistente hasta cerca

de los 400 °C, como se ve en los diagramas. A la izquierda, titanio en aleación con muy pequeñas dosis de aluminio y manganeso; bajo estas líneas, con elevadas dosis de los mismos componentes. En esta página, producción de dióxido de titanio. Después de la calcinación, el dióxido de titanio pasa por unos filtros rotativos (abajo, a la derecha); más arriba, la sala de tambores de filtrado de una gran planta para la

producción de titanio en polvo. El titanio metálico tiene una fuerte afinidad con el oxígeno, y la producción del metal, que es sustancialmente una reducción, debe llevarse a cabo en ausencia total de oxígeno, ya que éste, en caliente, penetra en la superficie del metal y lo hace frágil. Al lado, esquema de una planta para producir titanio metálico a partir de dióxido natural de titanio.





# Titulación química

El característico picor que se siente en la lengua al contacto con una sola gota de vinagre se debe a la presencia en él de ácido acético ( $C_2H_4O_2$ ). Para determinar la cantidad exacta de  $C_2H_4O_2$ , o sea, de la sustancia que confiere al vinagre su sabor ácido, es necesario realizar un análisis muy preciso. El método más común para efectuar tal análisis es el denominado de *titulación* (o *análisis volumétrico*). Se trata de un método químico con el cual se mide la cantidad de una sustancia determinada, presente en una disolución, añadiéndole para ello otra sustancia, también en disolución, de concentración conocida (*agente titulante*), que reacciona con la primera. En el caso del vinagre (o, más exactamente, del ácido acético), se emplea como sustancia titulante una solución estándar (disolución de concentración conocida), de hidróxido de sodio, cuya fórmula es NaOH. Un volumen conocido, o un determinado peso de vinagre es diluido en agua (generalmente, la gravimetría, o análisis mediante la balanza es más precisa que la volumetría). Se añade después, a la disolución así obtenida, un indicador, representado por un reactivo químico cuyo color cambia cuando se ha logrado el punto de equivalencia, es decir, en el momento en el cual la cantidad de NaOH añadida a la disolución haya neutralizado todo el ácido acético. Para esta reacción en concreto, el indicador empleado es la fenolftaleína que, de incolora, se torna rosa. Una vez que la formulación de la reacción que tiene lugar entre el ácido acético y el hidróxido sódico es conocida, la cantidad de ácido que estaba presente en la muestra analizada puede ser fácilmente calculada a partir del volumen de la disolución estándar de hidróxido de sodio utilizado para neutralizarla, es decir, para que cambie el color de la fenolftaleína.

**Tipos de reacciones de titulación** Para efectuar una titulación puede hacerse uso de una reacción química cualquiera, con tal de que se realice con rapidez, sea completa y no dé lugar a reacciones secundarias. El tipo más común de titulación es el correspondiente a reacciones de *neutralización* entre un ácido y una base, o una base con un ácido. También se recurre a otras reacciones, entre las cuales se encuentran las de *óxido-reducción* (reacción en la que se verifica un cambio de electrones), de *precipitación* (en las que se forman compuestos sólidos en un medio líquido) y de formación de *iones complejos* (en las cuales se forman compuestos iónicos con carga positiva o negativa). Puesto que muchos agentes reductores son oxidados por el oxígeno del aire, las disoluciones estándar de titulación por oxidación o reducción no son muy estables, debiendo ser controladas con cierta frecuencia.

La determinación del momento preciso en que se alcanza el punto de equivalencia no es siempre cosa sencilla. Por ejemplo, el punto de equivalencia y el



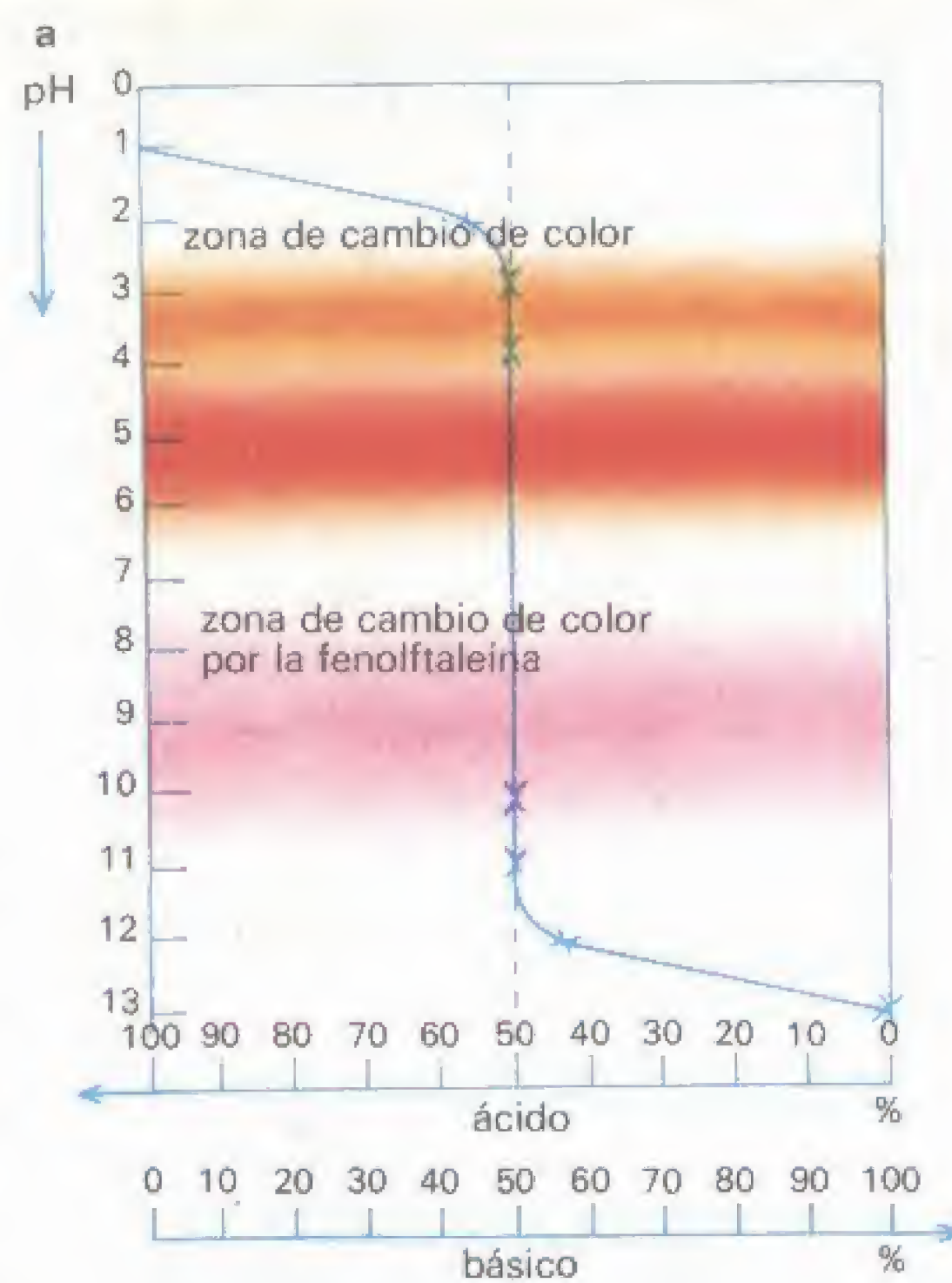
Moderno aparato con el cual es posible efectuar de manera óptima la titulación de tipo potenciométrico, voltamétrico y fotométrico.





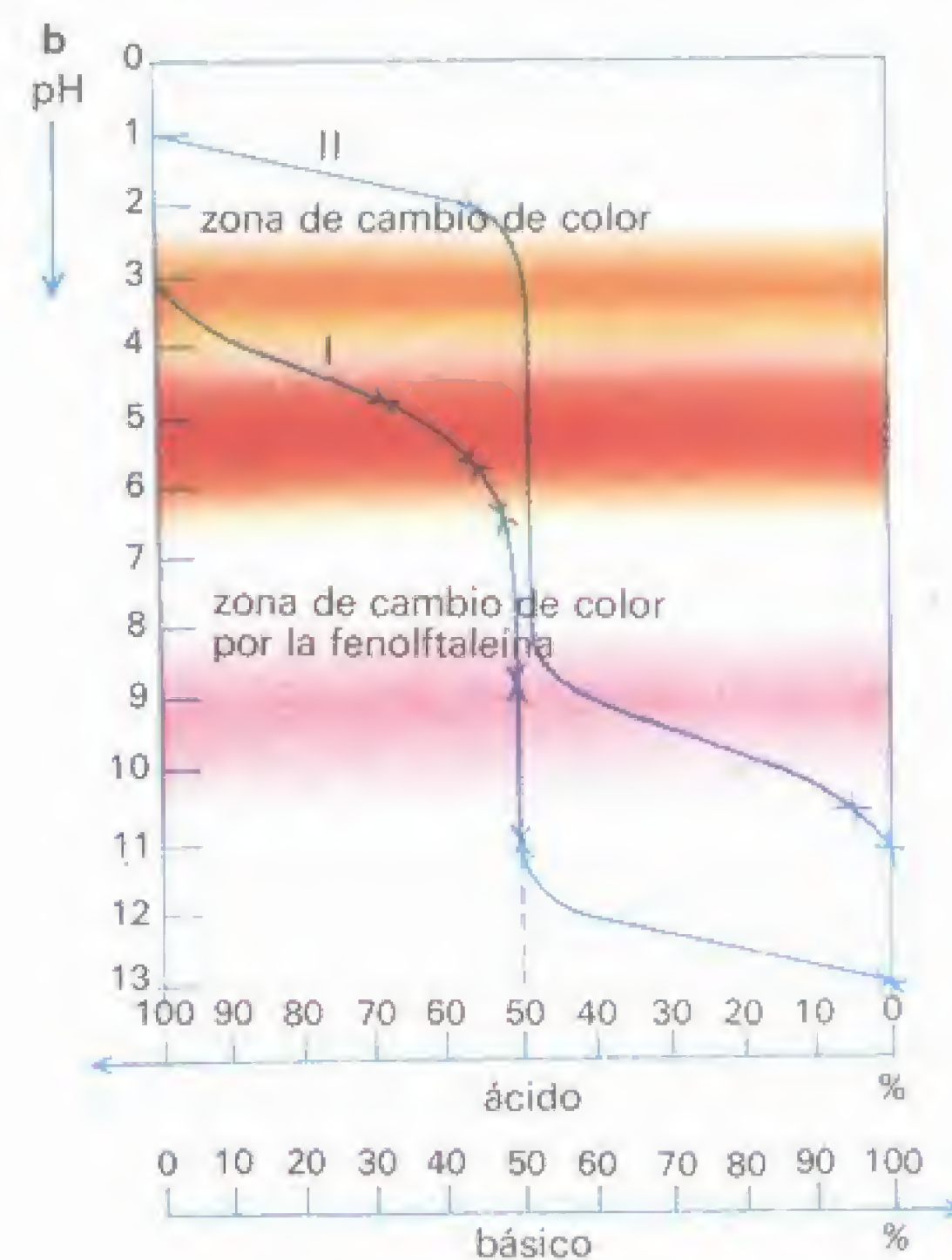
punto de viraje —que es aquel en el que el indicador cambia de color— pueden no coincidir exactamente. Esto puede suceder cuando un indicador reacciona con una pequeña cantidad de sustancia titulante o cuando un indicador no cambia de color hasta que no se consigue una concentración de la sustancia titulante mucho más elevada de la que existe en el punto de equivalencia. Por tanto, aunque en los cálculos es siempre posible tener en cuenta estos fenómenos, es preciso que la elección del indicador se realice con sumo cuidado.

**Métodos físicos** Los indicadores químicos —que pueden ser empleados en todos los tipos de reacciones de titulación— constituyen la mayoría de las veces el medio más conveniente para determinar en cada caso el punto de equivalencia de forma suficientemente precisa. Alguna vez, sin embargo, el cambio de color del indicador puede no resultar visible si la pro-



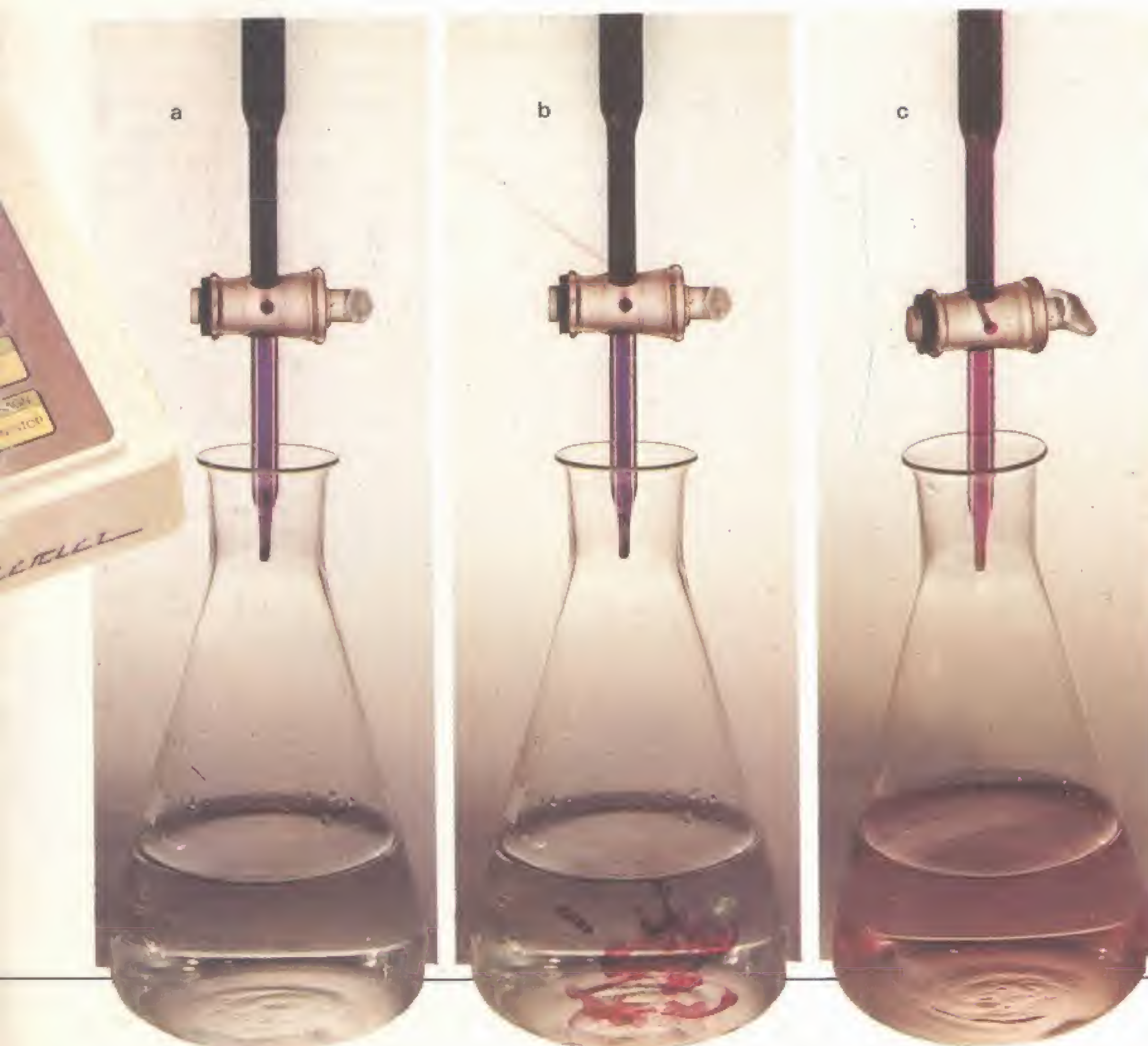
Los gráficos sobre estas líneas permiten efectuar la elección del indicador más conveniente para una reacción de neutralización. En (a) se observa la titulación de un ácido fuerte con una base fuerte: es evidente que, en el punto neutro, puede ser empleado cualquier indicador con intervalo de viraje entre pH 4 y pH 10. En (b) se ofrecen dos

casos particulares: la curva I representa la titulación de un ácido débil con una base fuerte; en este caso, el indicador más utilizado es la fenolftaleína. La curva II representa la titulación de un ácido fuerte con una base débil; en este caso la fenolftaleína cambiaría de color sólo en presencia de un exceso de base; por tanto, el indicador mejor es el rojo de metilo o el



naranja de metilo. Para las titulaciones de óxido-reducción se utilizan sustancias que presentan color distinto en estado reducido. En la fotografía bajo estas líneas, titulación del ácido oxálico mediante permanganato. En (a) se ve la disolución sulfúrica del ácido oxálico, perfectamente incolora. Iniciada la titulación, las primeras gotas de reactivo son

inmediatamente decoloradas y la disolución permanece incolora (b); continuando con la titulación, la decoloración tiene lugar cada vez con mayor dificultad. La primera gota de reactivo en exceso colorea en rosa la disolución, poniendo así en evidencia el final del proceso de óxido-reducción (c).



pia sustancia a titular es ya de por sí fuertemente coloreada. En estos casos, como ocurre en el análisis de iones complejos, en el que se deben titular sucesivamente dos o tres sustancias contenidas en la disolución estudiada, se adoptan métodos físicos particulares de determinación. Esos métodos físicos se basan generalmente en la medición de las variaciones de las propiedades eléctricas y ópticas de la disolución, o bien en las variaciones de su contenido calórico.

Los principales métodos eléctricos miden la variación de potencial entre dos electrodos sumergidos en la disolución o, también, la conductividad eléctrica (capacidad de conducir una corriente) del líquido. Las titulaciones termométricas —que miden las variaciones de temperatura— son muy útiles para las disoluciones no acuosas, como suelen ser los ácidos y las bases neutralizadas en aceites y grasas. Por último, los análisis fotométricos determinan, con un espectrofotómetro, la cantidad de luz absorbida por una disolución, consiguiendo una precisión mayor que la observada visualmente.

Véase Ácidos y bases; Análisis químico; Espectrofotómetro; Oxidación y reducción; Reacción química; Vinagre



# Tocadiscos

**T**anto en el tocadiscos más simple como en la más sofisticada cadena de sonido, el plato giradiscos cumple la misma función: hacer girar un disco con una velocidad constante, que normalmente es de 33 ó 45 revoluciones por minuto. El plato giradiscos tiene un brazo en cuyo extremo está montada la cápsula fonocaptora, constituida, básicamente, por una aguja y un transductor. La aguja capta las vibraciones mecánicas que se producen al recorrer los surcos del disco y el transductor las transforma en señales eléctricas. Actualmente, los discos reproducen el sonido con mucha más fidelidad que en el pasado. No obstante, los giradiscos actuales tendrán pronto el mismo final que tuvo en su día el fonógrafo de manivela. La razón de ello es la rápida difusión que se está dando de las nuevas técnicas de grabación y reproducción de sonido en cintas magnéticas y en discos digitales (*compact-disc*).

**Sistemas de transmisión** El motor que movía el plato en los fonógrafos consistía, básicamente, en un muelle que se cargaba manualmente antes de empezar la reproducción. Este sistema fue sustituido por pesados platos de metal no magnético que se mantenían en movimiento de forma uniforme y silenciosa, accionados por un motor eléctrico. El movimiento del motor se solía transmitir al borde del plato mediante una rueda, forrada de goma en su parte externa, que se podía mover, hacia arriba o hacia abajo, para cambiar la velocidad del plato respecto al eje del motor. El principal inconveniente de tal sistema estribaba en el hecho de que la polea transmitía excesivas vibraciones del motor al plato, vibraciones que, recogidas por la cápsula, generaban ruidos de baja frecuencia que se superponían a la música reproducida.

Alternativas al sistema de polea fueron la transmisión por correa y la transmisión

directa. El primero de estos dos sistemas utiliza una correa de goma ancha y plana que une el eje del motor a una polea que hay en la parte inferior del plato. En este caso, la correa absorbe las vibraciones del motor y hace que el disco gire con velocidad constante. En los giradiscos con tracción directa, el plato está inserto en el mismo eje del motor que, girando a la velocidad requerida, mueve el plato sin necesidad de poleas, correas ni otros sistemas de transmisión.

**El brazo de lectura** Además del motor y del sistema de transmisión, que hacen girar el plato con una velocidad uniforme, el tocadiscos consta también, como se ha señalado, de un *brazo de lectura* y de una *cápsula fonocaptora*. En el brazo, en el extremo opuesto a la cápsula, se sitúa el *contrapeso*, cuyo efecto puede regularse para ajustar la presión de la aguja sobre el disco. De esta forma, la aguja se mantiene adecuadamente dentro del surco del disco, siguiendo con precisión las modulaciones y sin introducir distorsiones en el sonido reproducido.

Por otra parte, cuando la aguja recorre el surco, presiona en dirección al centro del disco; si tal presión supera cierto límite, hace que la aguja salte, girando el brazo hacia el centro de éste. Este efecto debe compensarse con una fuerza de dirección contraria (*anti-skating*), que suele aplicarse cerca del eje vertical del brazo. Algunos giradiscos tienen el brazo de lectura en posición tangencial, es decir, situado en dirección a la tangente al surco del disco, moviéndose de forma paralela, sin girar sobre eje alguno. Con este sistema no son necesarios los sistemas *anti-skating* mencionados.

Uno de los elementos fundamentales para la reproducción del sonido es la cápsula fonocaptora, en la que está montada la aguja. Dicha cápsula transforma las vibraciones mecánicas de la aguja en seña-



aguja de amplia área de contacto con los surcos del disco



aguja elíptica



aguja esférica

La cápsula de lectura (o *pick-up*) representa el elemento clave, no sólo del giradiscos, sino de toda la cadena de aparatos para reproducción de sonido

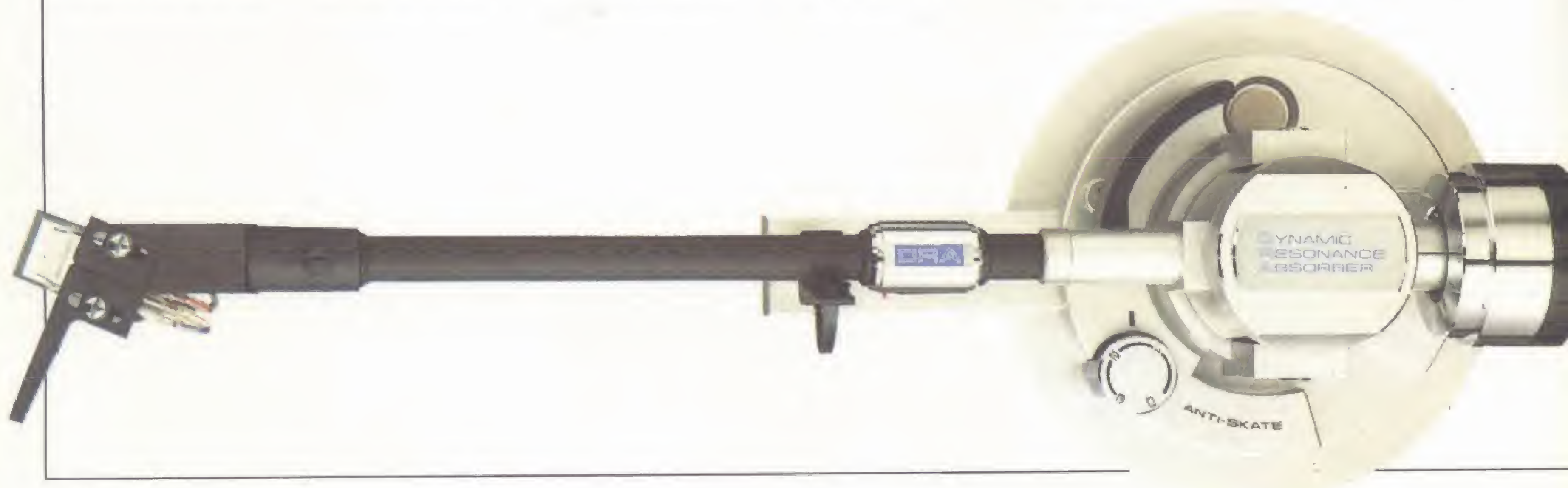
en alta fidelidad. Arriba, tres tipos de aguja para la lectura de los surcos de un disco fonográfico: (A), aguja de diamante con varias

facetas, que aumenta la superficie de contacto en el surco, lo que contribuye a su más lento desgaste; (B), aguja elíptica, que suele dar resultados

muy buenos; (C), aguja esférica, que es la más común. El brazo representado aquí debajo está construido con un material antirresonante de

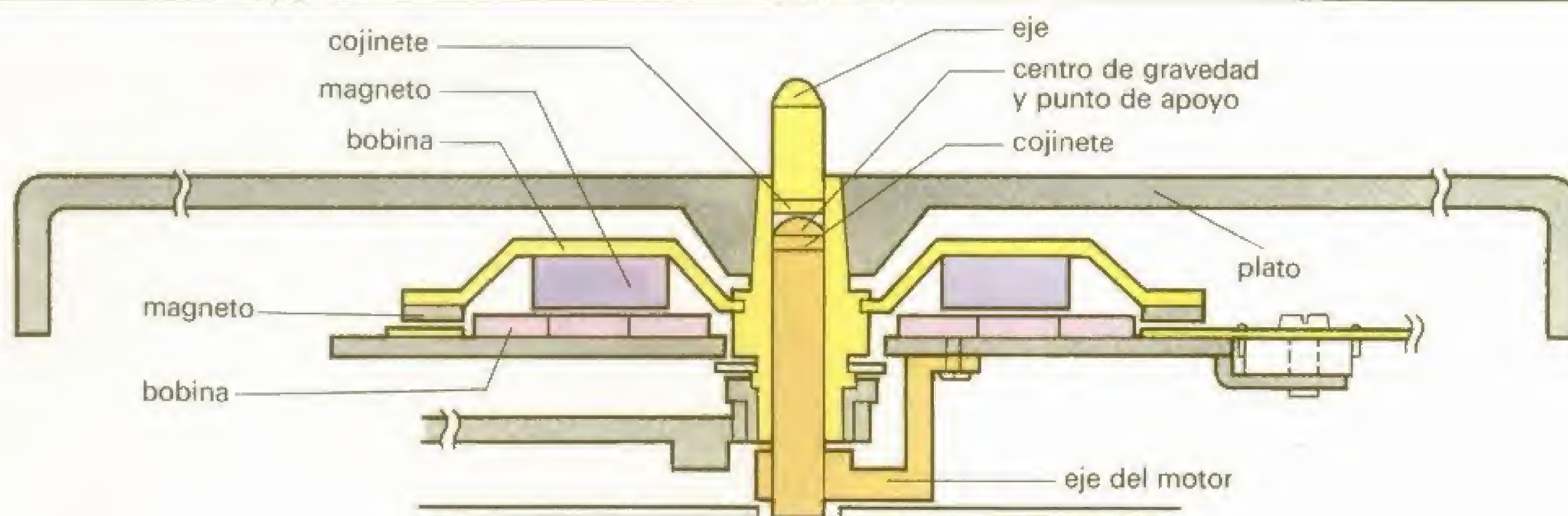
elevada capacidad de amortiguación. En la fotografía puede verse también el dispositivo *antiskating*, con el que se aplica una fuerza que equilibra la

tendencia del brazo a desplazarse hacia el centro del disco. El contrapeso, situado en el extremo opuesto de la cápsula, equilibra el peso de esta última.



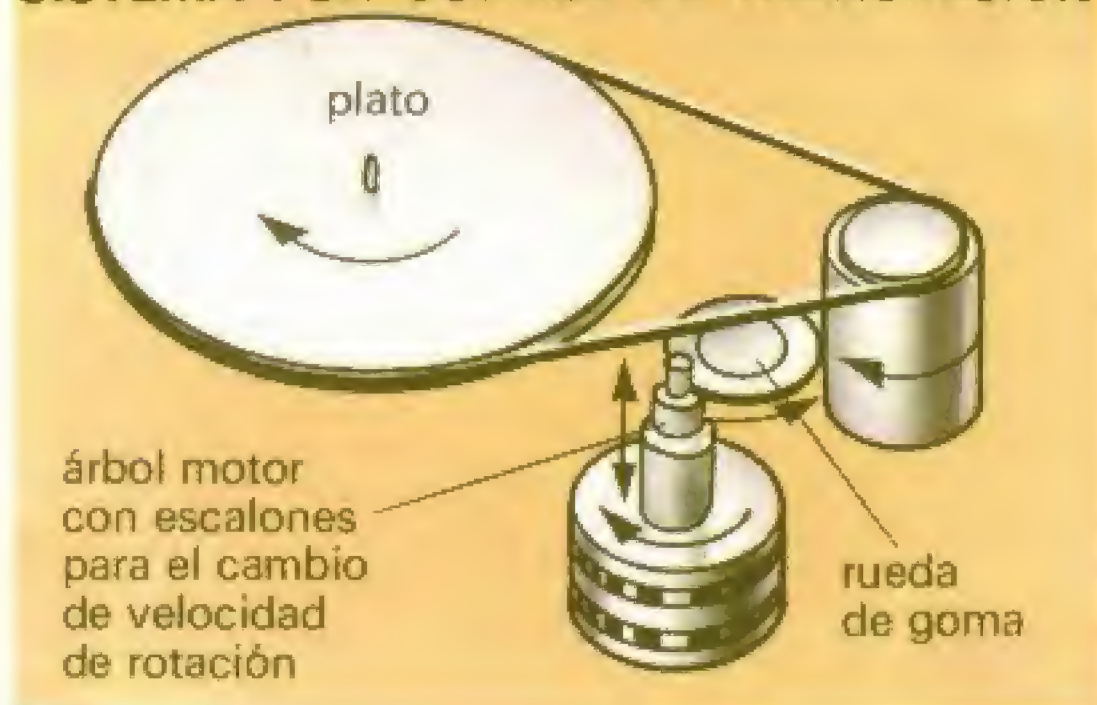


A la derecha, sección de un motor de tracción directa para giradiscos. El plato descansa directamente sobre el eje del motor. En el caso aquí representado, el punto de apoyo coincide con el centro de gravedad del sistema plato-motor. El motor de tracción directa mejora la estabilidad del plato y asegura una velocidad de giro muy regular, controlada con un sistema que lleva un cristal de cuarzo.



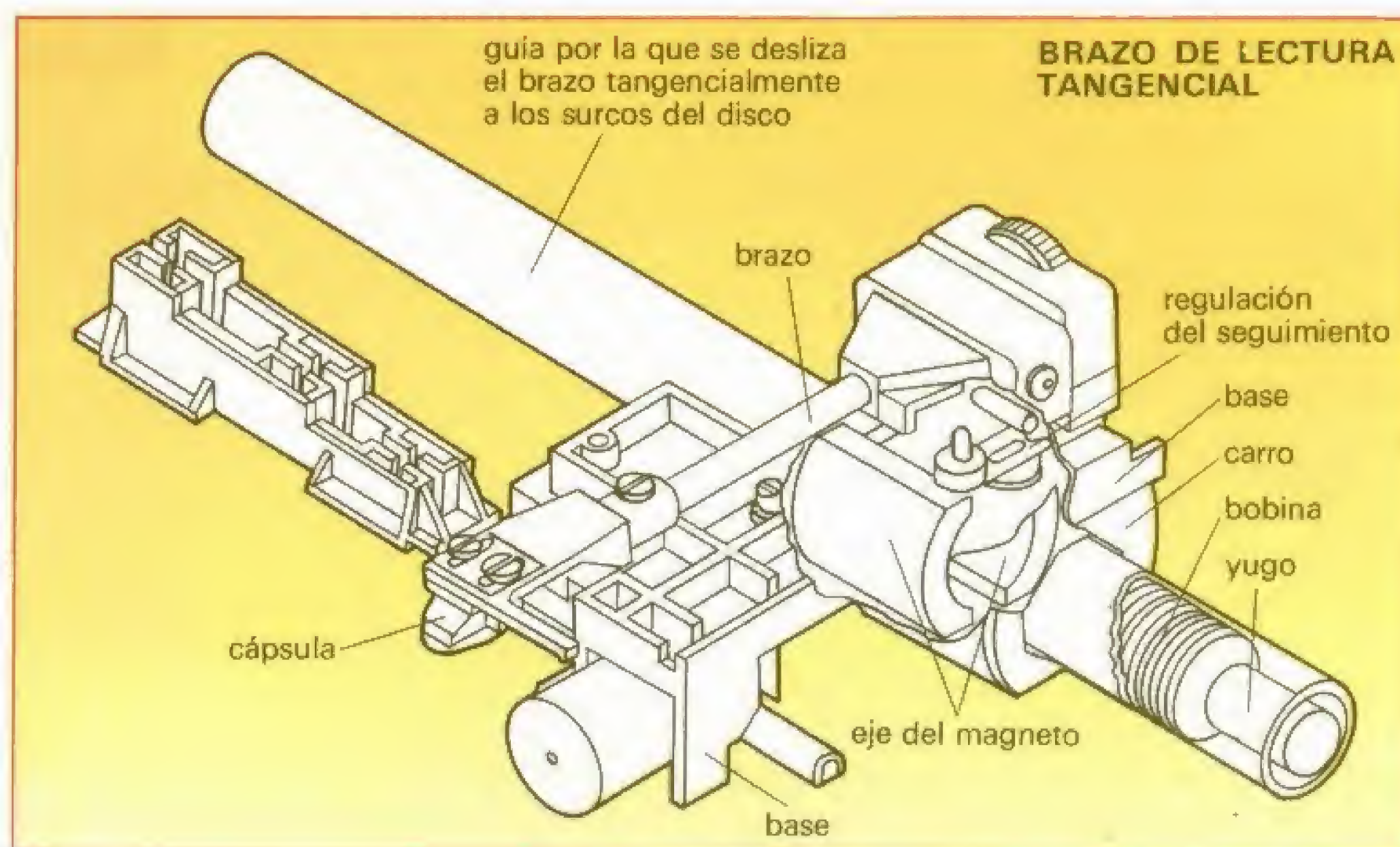
SISTEMA DE TRACCION DIRECTA

#### SISTEMA POR CORREA DE TRANSMISION



El sistema de transmisión por correa, arriba, dispone de un cambio de velocidad de giro del plato de menor precisión que el del sistema de tracción directa; en cambio, este mecanismo permite aislar mejor el plato del motor, reduciendo la

transmisión de vibraciones hasta la aguja. A la derecha, brazo de lectura tangencial, gracias al cual la cápsula sigue una línea recta sobre el disco, desde el borde hacia el centro, de la misma forma que se realiza la grabación. Debajo, tocadiscos de carga frontal.



les eléctricas, que pasan después al amplificador y de allí a los altavoces. En un sistema estereofónico, la cápsula tiene dos unidades independientes que generan sendas señales eléctricas, que son enviadas al amplificador que, en tal caso, dispone de dos canales. La cápsula *magnética* es uno de los tipos de cápsula que realiza esta función: en ella hay dos bobinas sensibles a las variaciones del campo magnético, producidas por los movimientos de un imán unido a la aguja. Las variaciones de tensión que aparecen en cada bobina generan las señales eléctricas que se transmiten al amplificador, donde se aumenta su amplitud e intensidad antes de transformarse en ondas sonoras en los altavoces.

Otros dos sistemas de cápsula, de *cristal* y *cerámica*, transforman las vibraciones de la aguja en energía eléctrica aplicando otro principio: el efecto piezoeléctrico (la deformación producida en ciertos cristales genera energía eléctrica). La aguja sigue los movimientos del surco y las vibraciones consiguientes producen la torsión del cristal o del material cerámico. Esta deformación genera las variaciones de tensión que se envían al amplificador.



Véase Alta fidelidad; Disco compacto; Disco fonográfico; Estereofonía



# Tolueno y xileno

Una de las estructuras más conocidas en el campo de la química es el anillo bencénico que, en sustancia, es un anillo de átomos de carbono cada uno de los cuales está unido a un átomo de hidrógeno. La fórmula química del benceno es  $C_6H_6$  y se trata de un líquido incoloro, tóxico y de olor aromático y dulzón.

El anillo bencénico constituye la base de toda una serie de compuestos químicos derivados. Este grupo de compuestos se denomina *serie aromática*, debido al olor característico que desprenden todos sus miembros. Algunos de los compuestos de la serie aromática más importantes son el benceno ( $C_6H_6$ ), el tolueno ( $C_7H_8$ ), el xileno ( $C_8H_{10}$ ) y el mesitileno ( $C_9H_{12}$ ).

## Aplicaciones del tolueno y del xileno

El tolueno y el xileno son similares al benceno, ya que también se trata de compuestos aromáticos y prácticamente insolubles en agua, siendo, en cambio, solubles en la mayoría de los disolventes orgánicos.

El tolueno es utilizado como combustible y como materia prima para un notable número de aplicaciones. Por reacción con el ácido nítrico, el tolueno da lugar al trinitrotolueno, el famoso TNT, uno de los explosivos convencionales más conocidos. También se utiliza en la producción de colorantes, materias plásticas y fármacos.

A pesar de sus múltiples aplicaciones como materia prima, la mayor parte del tolueno producido industrialmente se emplea como aditivo de la gasolina, como antidetonante, en sustitución del plomo tetraetilo. Es también muy utilizado como disolvente. En cuanto a las ventas, el tolueno se encuentra en el cuarto puesto entre los hidrocarburos más solicitados.

El xileno es un término general que comprende tres sustancias químicas (los xilenos) con la misma fórmula molecular:  $C_8H_{10}$ . Estas tres sustancias son isómeros, es decir, compuestos químicos cuyas moléculas tienen exactamente el mismo número de átomos, pero colocados según una diferente disposición geométrica. Los tres compuestos son el orto-xileno, el para-xileno y el meta-xileno.



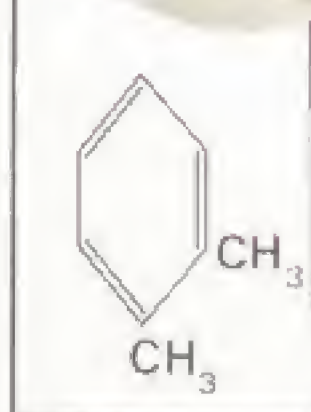
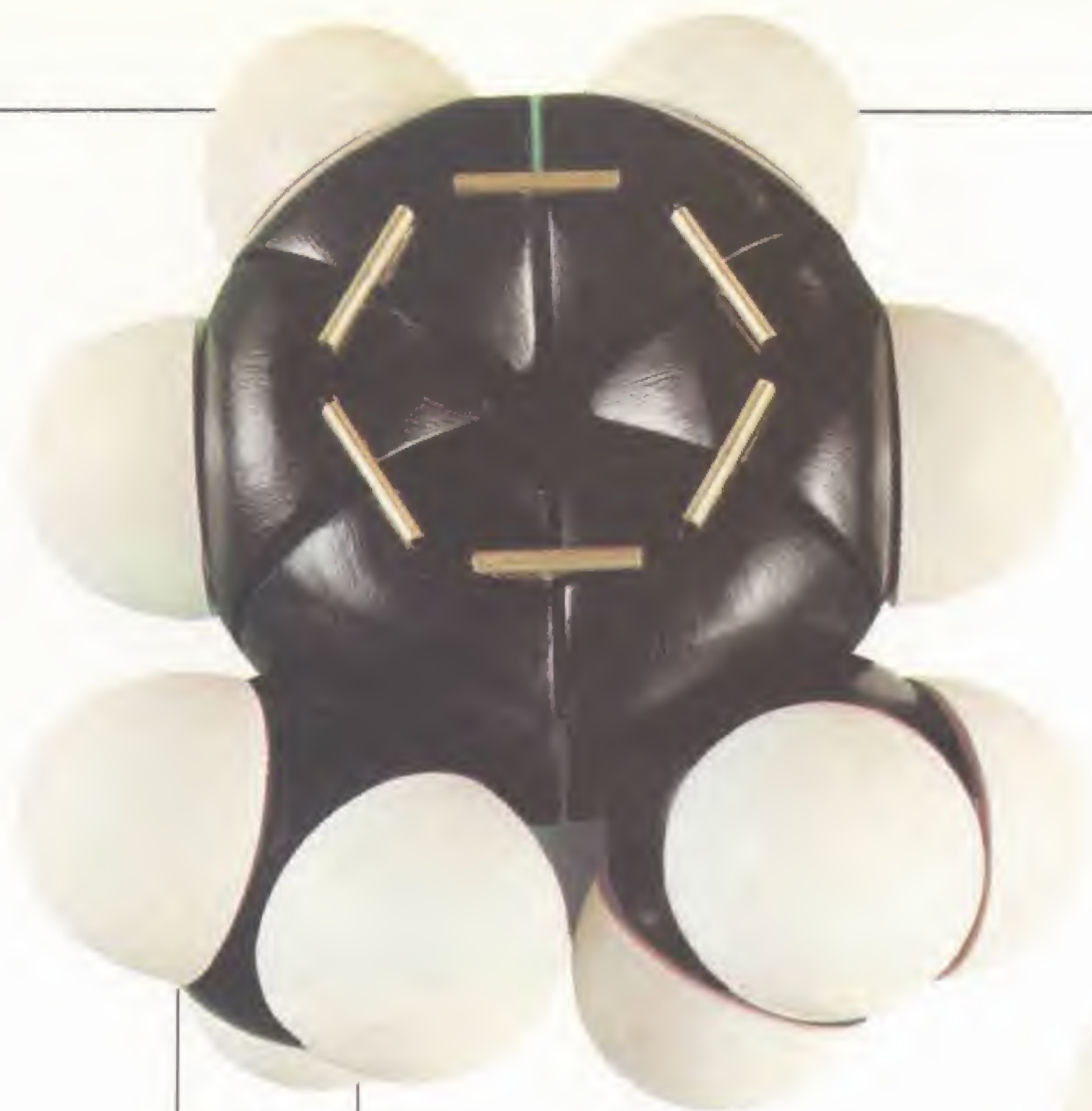
La mezcla de xilenos se emplea generalmente como aditivo de la gasolina. El orto-xileno y el para-xileno se utilizan también en la obtención de numerosos compuestos químicos, constituyendo una de las materias primas más importantes. Se emplean, por ejemplo, en la preparación de ciertas sustancias químicas que sirven como base para la producción de ciertos compuestos conocidos comercialmente con el nombre de *poliésteres*. La mayor parte de éstos, sin embargo, se conocen popularmente por su marca comercial: entre los más conocidos están Terlenka, Tergal y Mylar. Hasta la invención de estos poliésteres, los xilenos o xiloles no se consideraban productos químicos de significativa importancia.

Arriba, modelo molecular del tolueno, derivado del petróleo que lleva un grupo metilo en el puesto de un átomo de hidrógeno. Su nombre deriva del bálsamo de tolú, del cual se obtuvo por primera vez. Tiempo atrás se obtenía casi exclusivamente de la destilación del carbón fósil, pero en la actualidad se obtiene en su mayor parte de las fracciones ligeras del petróleo. El tolueno encuentra una amplia aplicación en la industria química, especialmente en la de

colorantes, explosivos y productos farmacéuticos. Si en el anillo bencénico, un átomo de hidrógeno se sustituye por otro elemento o un radical monovalente, como, por ejemplo, el grupo  $-CH_3$  del tolueno, cualquiera que sea la posición que ocupe, no se consiguen isómeros, ya que los seis átomos de hidrógeno son equivalentes; si, en cambio, los átomos de hidrógeno sustituidos son dos o tres, se obtendrán posiciones diversas, y a cada una de ellas le corresponderá un

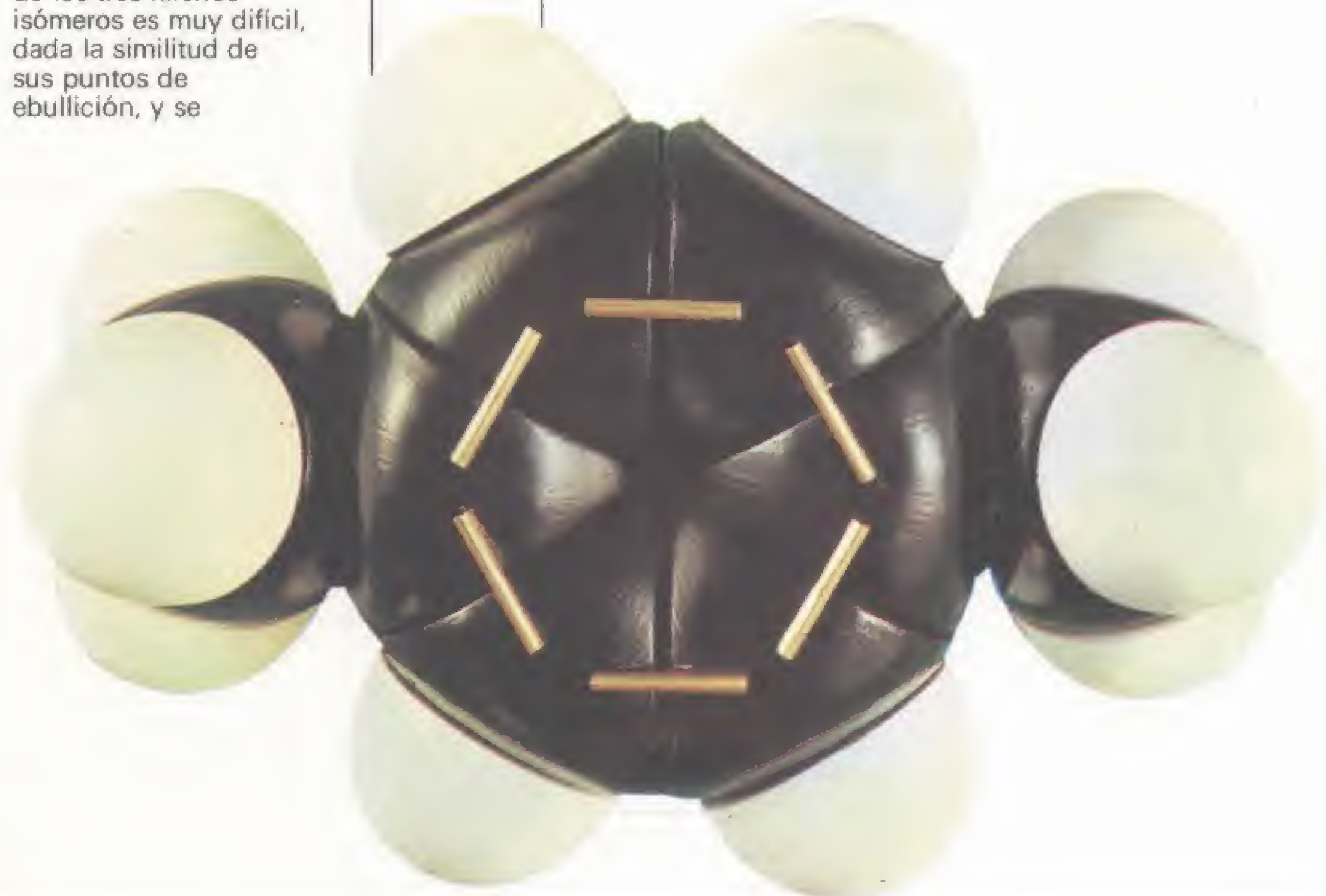
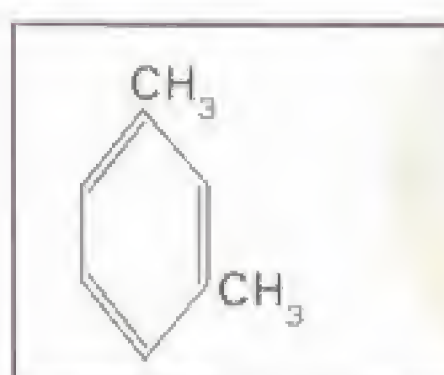
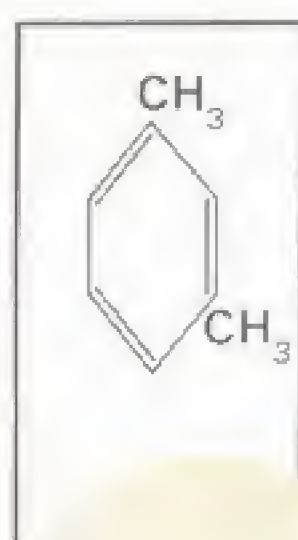
Hidrocarburo	Fórmula	P. f. (°C)	P. eb. (°C)	Densidad a 20 °C	contenido en % en el alquitrán del carbón fósil (fracción que destila entre 70 °C y 200 °C)	Aplicaciones
TOLUENO	$C_6H_5CH_3$	-94,991	110,623	0,86696	0,22 - 0,25	en la industria de colorantes, pinturas, colas, explosivos y productos farmacéuticos
o-XILENO	1,2 - $C_6H_4(CH_3)_2$	-25,175	144,414	0,88020	0,04 - 0,06	producto de partida para la preparación del anhídrido ftálico
m-XILENO	1,3 - $C_6H_4(CH_3)_2$	-47,872	139,102	0,86417	0,07 - 0,11	se utilizan para preparar los ácidos isoftálico y tereftálico que encuentran una amplia aplicación en la fabricación de fibras sintéticas de tipo poliéster
p-XILENO	1,4 - $C_6H_4(CH_3)_2$	+13,263	138,348	0,86105	0,03 - 0,04	





→ isómero. Este es el caso de los xilenos, derivados dimetil sustituidos del benceno, con tres formas isómeras de prefijos orto, meta y para. Los tres xilenos isómeros aparecen como componentes minoritarios de algunos petróleos aromáticos; se forman, además, a partir de la destilación seca de la madera, de la turba y, en particular, de la hulla. La separación de los tres xilenos isómeros es muy difícil, dada la similitud de sus puntos de ebullición, y se

consigue únicamente a través de un proceso combinado de destilación (separación del isómero orto) y de cristalización (de la mezcla de los otros dos se separa el para).



El meta-xilol, por ejemplo, se emplea en la producción de las xilidinas, utilizadas a su vez para fabricar sustancias colorantes. Los xilenos se usan también, frecuentemente, como disolventes para la preparación de lacas o del cemento-goma.

El etil-benceno tiene la misma fórmula molecular que los xilenos, pero se diferencia estructuralmente de ellos en que uno de los dos átomos de carbono de las cadenas laterales está unido a otro átomo de carbono de la cadena lateral, y no al anillo bencénico. Su aplicación más común es, también, la de aditivo antidetonante en la gasolina. El etil-benceno, además, se emplea como materia prima para la producción de goma sintética, materias plásticas y aceites desecantes.



**Fuentes del tolueno y de los xilenos** El tolueno y los xilenos, tiempo atrás extraídos en notable cantidad del carbón por destilación seca del alquitrán de hulla, se obtienen en la actualidad del petróleo (por destilación del crudo), extrayéndose directamente de las torres de refino.

La mayor parte de los xilenos se utiliza en la producción de sustancias químicas secundarias para los productos de la llamada "tercera generación": sustancias colorantes, tejidos de Dacron, goma sintética y similares.

Véase Anillo bencénico; Petróleo; Petroquímica; Plásticos; Polímeros



# Toma de tierra

**E**l cuerpo humano ofrece poca resistencia al paso de la electricidad, lo que le convierte, por tanto, en un buen conductor eléctrico. Esta es la razón por la que muchas veces, al tocar un circuito eléctrico cerrado o un aparato insuficientemente aislado, se puede sufrir una violenta descarga que recorre todo el cuerpo. Hay que tener en cuenta, en todos los casos, que lo que origina daños en el organismo humano no es la tensión o voltaje, sino la intensidad de la corriente que lo recorre. Ahora bien, como se sabe, la intensidad de la corriente que circula entre dos puntos de distinto potencial viene dada por el cociente entre la diferencia de potencial  $V$  entre los dos puntos y la resistencia eléctrica  $R$  intercalada entre ellos, o sea:  $I = V/R$ . Por su parte, la resistencia eléctrica del cuerpo humano es muy pequeña, de manera que si se tocan a la vez dos puntos situados a distintos potenciales, aunque la tensión  $V$  entre ellos no sea muy grande, como el divisor  $R$  del cociente  $V/R$  es muy pequeño, el cociente puede ser muy grande: tan grande que muchas veces la descarga ocasiona la muerte instantánea. Se pueden tomar ciertas medidas de precaución para evitar que esto suceda, como utilizar guantes o calzado con suela de material aislante (goma, corcho, etc.), aunque cuando se trata de tensiones muy altas, como en el caso de los cables de alta tensión o de las descargas producidas durante una tormenta, las barreras aislantes mencionadas resultan del todo insuficientes.

Una solución al problema de las descargas consiste en proporcionar otro camino para que la corriente se descargue a tierra. En efecto, proporcionando un camino alternativo de baja resistencia para las cargas acumuladas por defectos de instalación, se puede evitar que éstas se acumulen y se conviertan en una fuente real de peligro.

Este camino alternativo que une la fuente eléctrica a tierra se llama *toma de tierra*, o simplemente *tierra*. La tierra puede estar formada por cualquier conductor conectado, de acuerdo con ciertas normas de instalación, con el suelo, de forma que

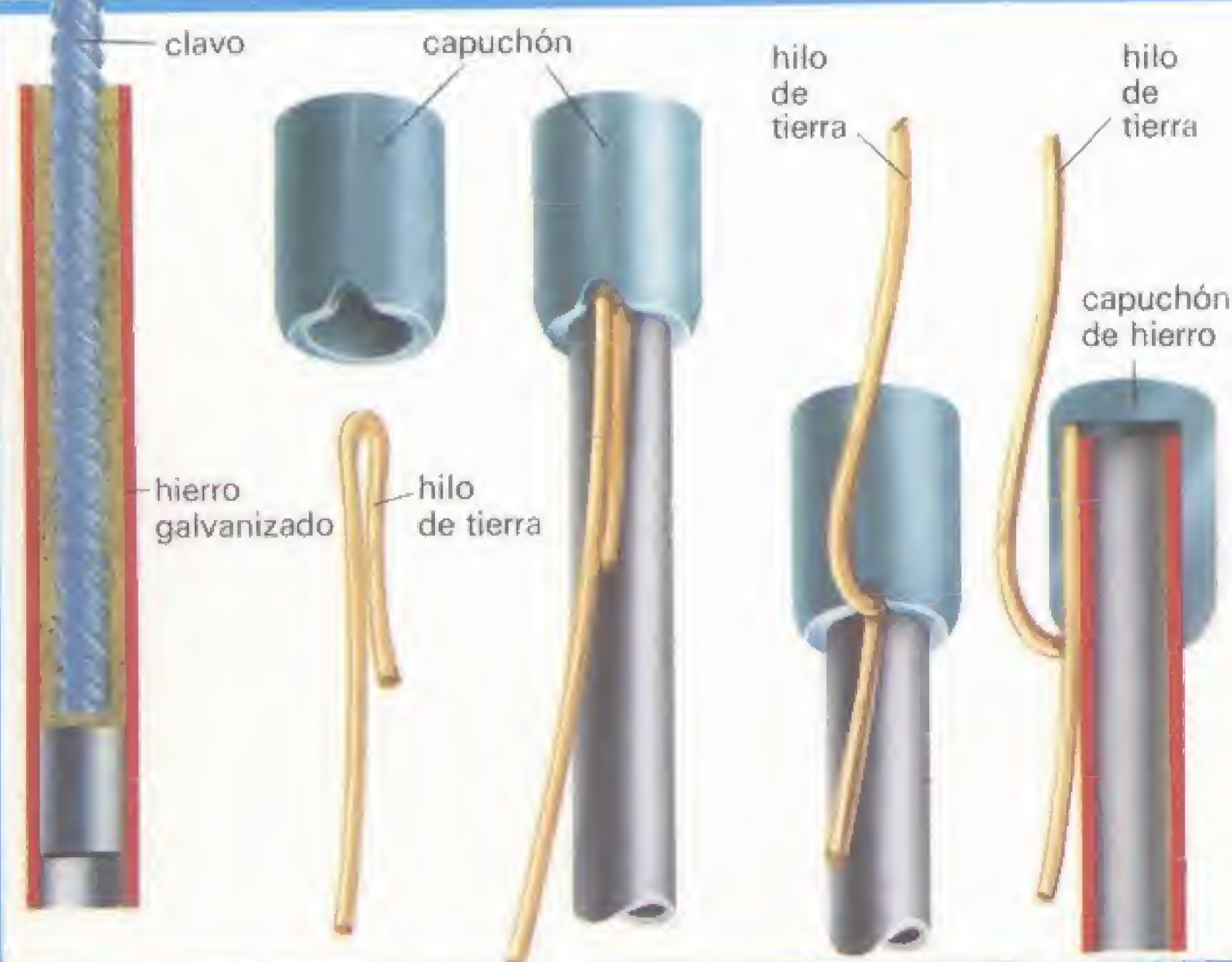
cualquier sobresaturación de carga en el circuito derive hacia él; por extensión, el término se utiliza también para denominar todos aquellos sistemas proyectados especialmente para evitar riesgos de incendio, calentamiento o chispas.

**Toma de tierra en edificios** La alta tensión producida por un rayo puede ser la causa de que se incendie un edificio. Si el rayo alcanza la línea de alta tensión que alimenta a un edificio, la sobretensión puede quemar la línea eléctrica y los aparatos que estén conectados a ella. Los pararrayos constituyen un tipo de toma a tierra eficaz para prevenir estas situaciones.

La energía eléctrica, para poder ser utilizada, debe ser previamente transportada desde las centrales donde se genera hasta los puntos de consumo. Las líneas de transporte de energía disponen de una toma de tierra en las centrales de producción e, igualmente, en todas las estaciones transformadoras de tensión. Además, cualquier flujo de corriente anormal, debida a defectos en la instalación, acciona un interruptor que corta instantáneamente la circulación por las líneas, evitando así que se produzcan accidentes.

**Toma de tierra en instalaciones de baja tensión** Los enchufes constituyen los puntos de conexión de los aparatos con la instalación eléctrica. La corriente eléctrica circula por los hilos de potencia de la instalación y por el cordón del aparato. En los edificios de moderna construcción, los enchufes pueden tener la toma de tierra conectada de distintas formas. Las construcciones antiguas, por lo general, suelen carecer de toma de tierra.

Los edificios modernos tienen que disponer obligatoriamente de cables de tierra separados, que conecten cada una de las tomas de corriente a una toma de tierra general. Una buena medida preventiva la constituye el interruptor diferencial, obligatorio en la instalación eléctrica de toda nueva vivienda, que interrumpe inmediatamente el paso de la corriente eléctrica cuando detecta la más mínima subida de tensión o una derivación.



Sistema de instalación de una correcta toma de tierra. Para que una toma de tierra sea realmente efectiva, el contacto de la línea de tierra con el suelo tiene que ser firme y profundo. Una sencilla toma de tierra se consigue con un clavo metálico, hundido en el interior de un tubo de hierro galvanizado lleno de estaño, perfectamente hundido en el terreno, al que se conecta fijamente la línea de tierra procedente de la red. En los cuatro dibujos de la izquierda se explica cómo debe realizarse esta conexión de la línea de tierra con el clavo.







# Tomografía axial computadorizada (TAC)

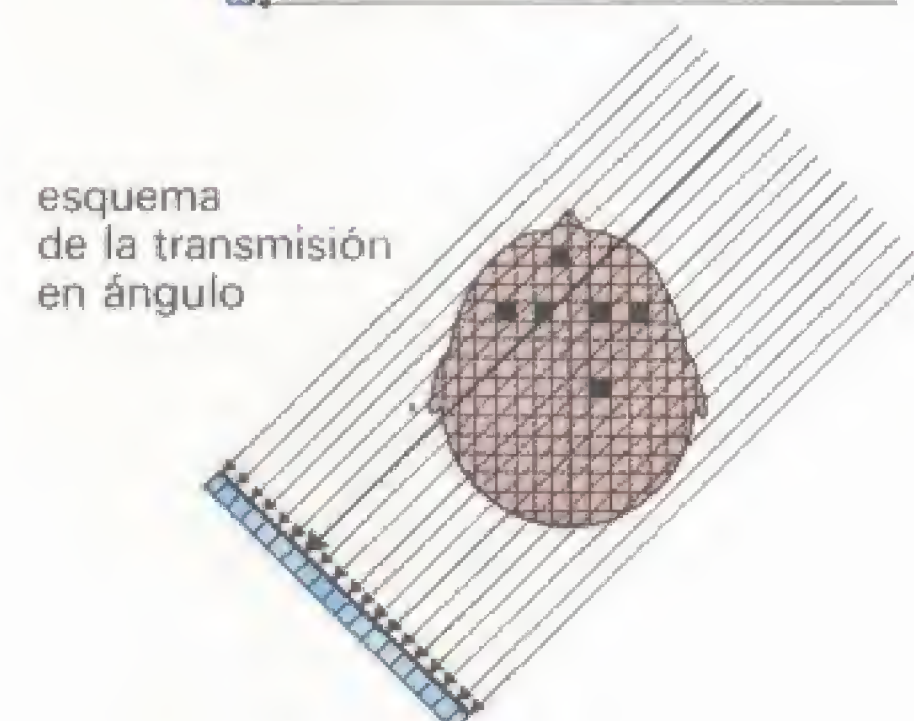
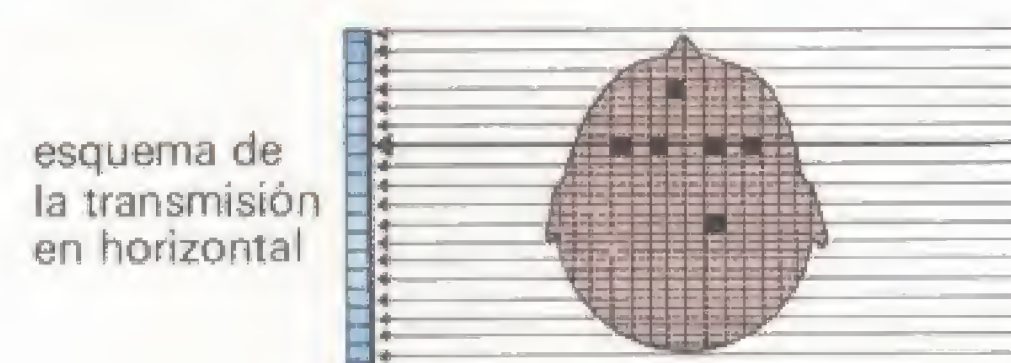
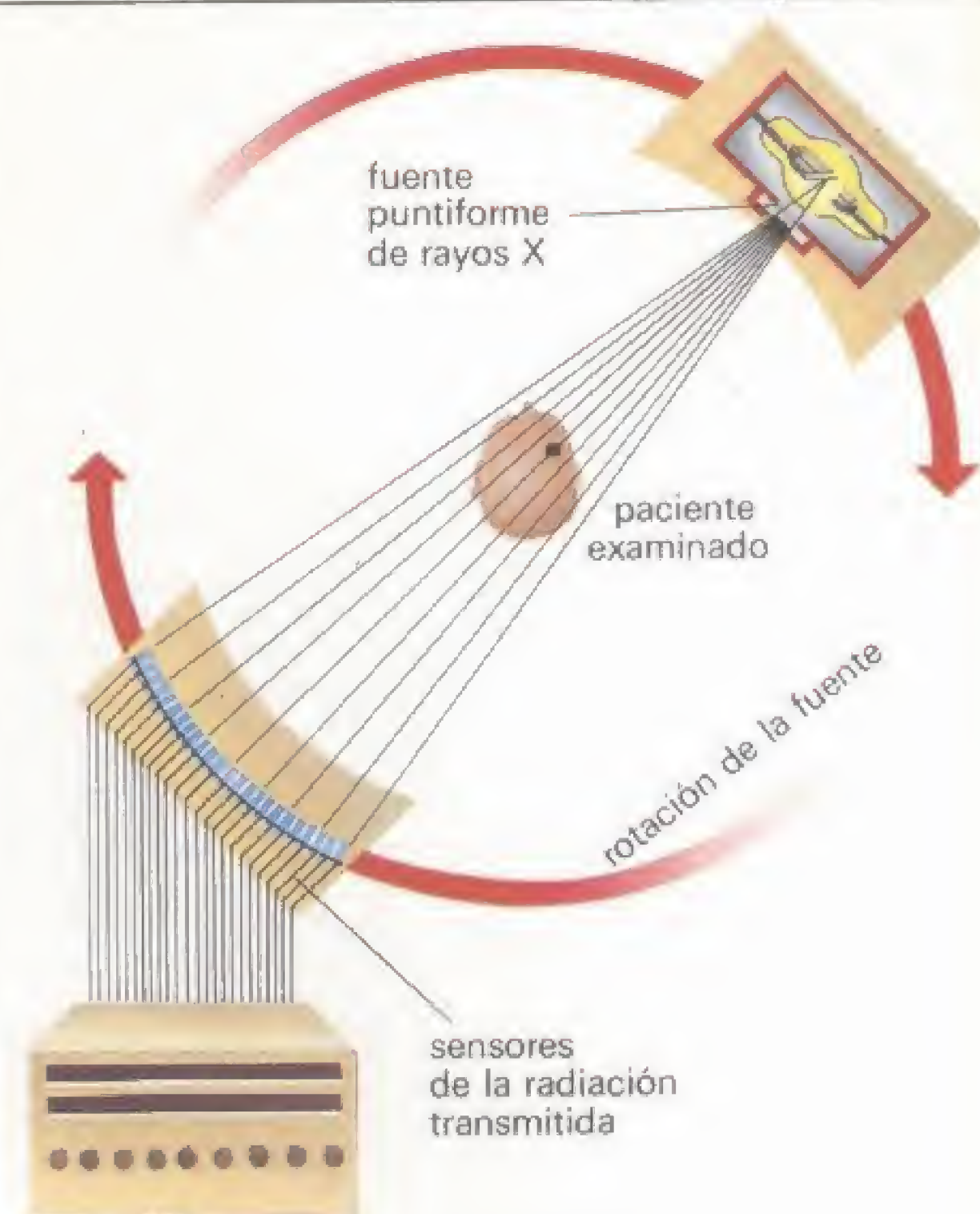
Cuando, en 1979, Godfrey Hounsfield y Allan Cormack recibieron el premio Nobel de Medicina, se acreditó la más importante invención en el campo de la radiología tras el descubrimiento de los rayos X, realizado por Roentgen, en 1895. Su analizador TAC puede examinar de modo tan preciso el interior del cuerpo humano que el médico es ahora capaz de detectar y observar sobre una pantalla de video no sólo tumores internos sino también pequeños defectos en los huesos. TAC son las siglas de Tomografía Axial Computadorizada, es decir, reconstrucción mediante la ayuda de un ordenador de una porción de un objeto anatómico.

**La instrumentación** La instrumentación de un analizador TAC consiste en una mesa en la que se tiende el paciente, un contenedor que aloja la fuente de rayos X y los reveladores, el generador de rayos X y un ordenador. Todos estos componentes están instalados en un recinto cerrado, una de cuyas paredes cuenta generalmente con un ventanal de separación. Al otro lado del ventanal se encuentran los técnicos que manejan el analizador por medio del ordenador. La proyección elegida aparece en el monitor en pocos segundos. La computadora del TAC es tan sofisticada que permite mostrar una sección de tejido desde un determinado ángulo, reconstruir la imagen precedente y mostrar ambas simultáneamente sobre el monitor. Cada proyección se presenta sobre el monitor como una matriz bidimensional de pequeños cuadrados, denominados *pixel* o elementos de imagen. Según la región del organismo analizada (cabe-

za o tronco), las matrices del TAC aparecen constituidas por  $160 \times 256$  ó  $320 \times 320$  pixel respectivamente.

El paciente, que puede permanecer completamente vestido durante la exploración, está tumbado sobre la mesa. Posteriormente, el aparato comienza a girar en torno a un eje mecánico, de manera que la parte del cuerpo observada sea analizada electrónicamente y sucesivamente desde todos los ángulos.

**El funcionamiento** El análisis TAC es sustancialmente un procedimiento en dos fases. La primera (que tiene lugar después de haber realizado una observación preliminar del área que interesa) consiste en la *adquisición de datos*; durante esta fase, los rayos X son enviados sobre el área o porción anatómica en cuestión; este proceso se repite varias veces desde ángulos diferentes, lo que se consigue mediante un movimiento de giro del analizador, que describe un ángulo de  $360^\circ$  alrededor del objeto. Primeramente, a través de una particular área pixel se envía un delgado haz colimado de rayos X (o bien un haz en abanico). El aire, la piel, los tejidos y los huesos absorben y difunden parte de estos rayos. Los rayos que no son ni absorbidos ni difundidos se recogen en un revelador. (Los analizadores que utilizan haces en abanico tienen con frecuencia más de un revelador.) El revelador convierte el haz en una corriente electrónica cuya intensidad es "leída" por el ordenador. Después de realizar varias de estas lecturas lineales, el aparato es rotado un pequeño ángulo y se lleva a cabo otra serie de lecturas lineales.

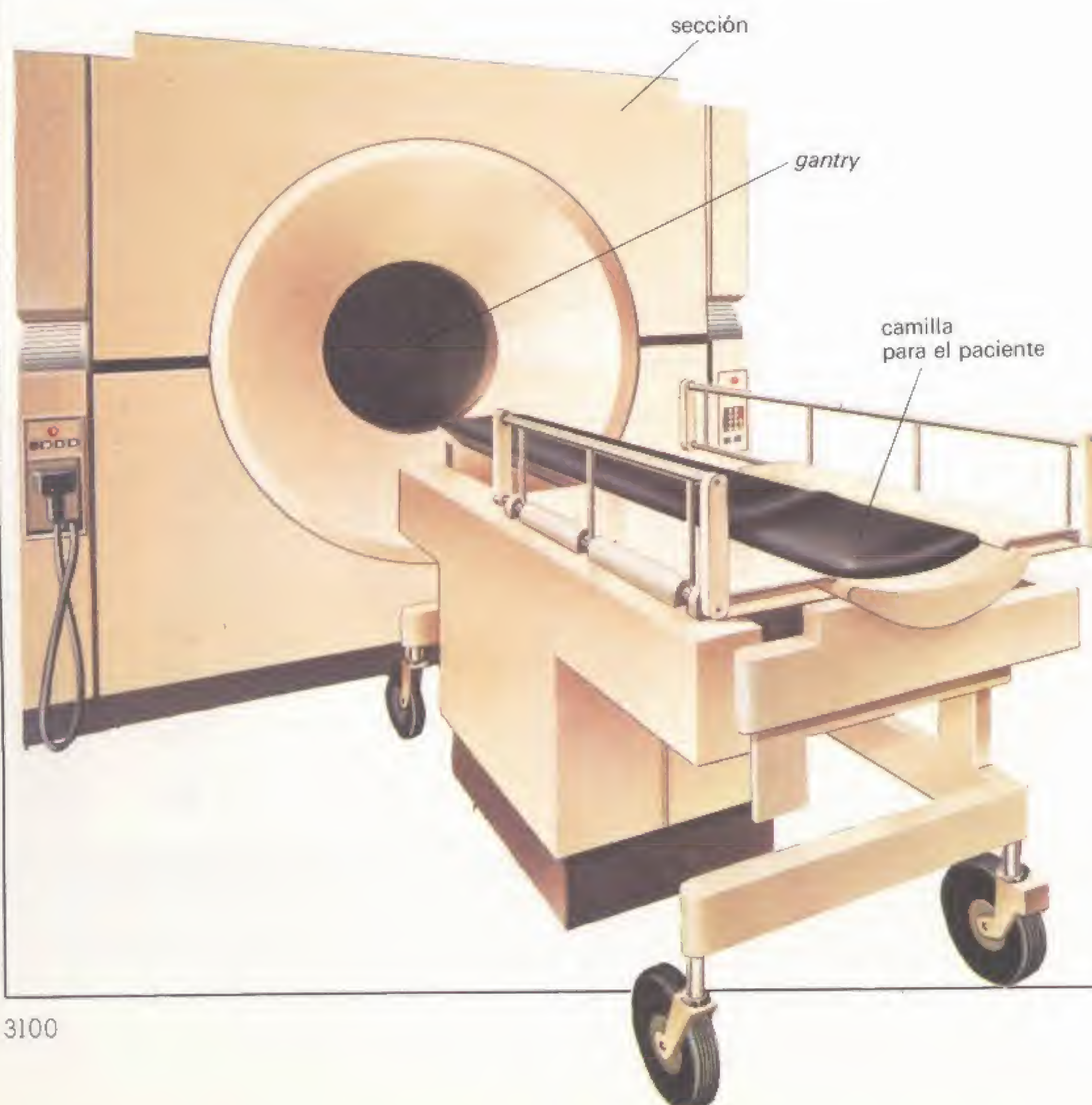


consola de control



En esta página, arriba, principio de funcionamiento del TAC. La imagen es recogida de una sección del organismo: en este caso, en un plano horizontal a través del cráneo. La

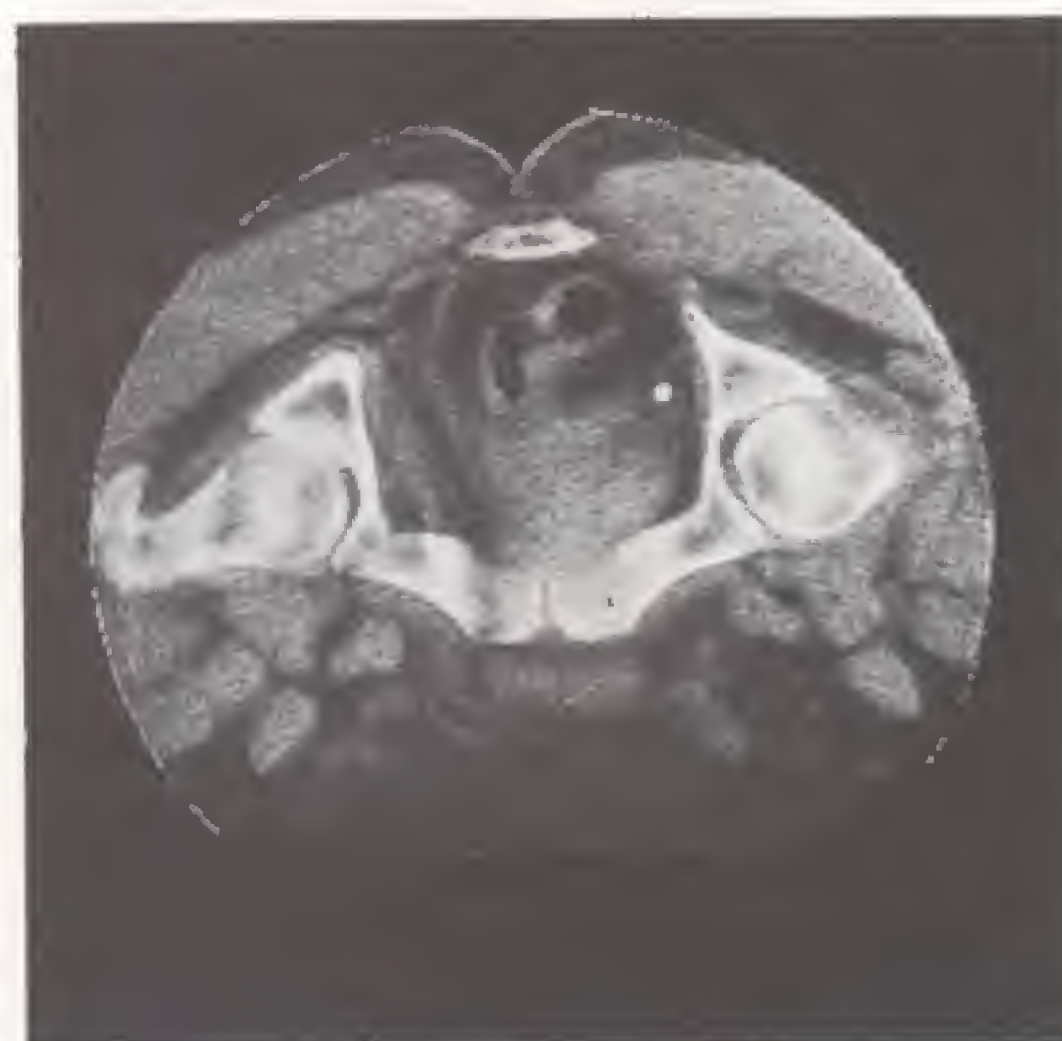
fuente de rayos X es puntiforme. La radiación es recogida por una cadena de sensores; el esquema de la transmisión, es decir, de la intensidad percibida por cada uno de ellos, es memorizada.





La segunda fase del análisis TAC, durante la cual las proyecciones se presentan sobre el monitor, se denomina *fase de reconstrucción*. En esta fase se determina la intensidad de los rayos X transmitidos (las sustancias más densas absorben más radiación que las menos densas), operación efectuada por el revelador del haz de análisis. El ordenador asigna posteriormente a cada pixel un número, que corresponde al nivel de absorción de los rayos X por parte del área a que hace referencia. En las radiografías tradicionales no es posible poner de manifiesto una transmisión menor del 5%; los reveladores TAC son, sin embargo, extremadamente sensibles y, dado que un área determinada es observada desde muchos ángulos, el análisis elimina la sobreposición total de huesos y de tejidos blandos, típica de las radiografías convencionales. De este modo no se disipan ni siquiera contrastes de atenuación menores del 1%. Las graduaciones de los grises que se presentan en las imágenes en blanco y negro del monitor representan precisamente esos valores. Las áreas más claras indican que han sido absorbidos muchos rayos X, generalmente por parte del tejido óseo, pero a veces también por parte de tejidos alterados con aumentos de densidad anormales. Las imágenes que aparecen en el monitor son fotografiadas, lo que constituye la base para el diagnóstico. El ordenador puede imprimir también los números asignados a los distintos pixel.

Está en fase experimental un analizador llamado SAM (siglas inglesas de Monitor Analizador Estroboscópico) que es capaz de producir imágenes tridimensionales



Dos secciones craneales. Con el TAC es posible percibir áreas, opacas o claras,

minúsculas y, consecuentemente, advertir precozmente los tumores.

de las distintas secciones de tejido. El SAM emplea una pantalla de proyección translúcida, en forma de cilindro, que gira de tal modo que las distintas imágenes proporcionadas por el analizador se van superponiendo. Dado que las distintas imágenes aparecen con breves intervalos de tiempo entre una y otra, y dado que el cilindro rota demasiado velozmente como para que el ojo humano pueda percibirlo en su movimiento, el médico que hace el diagnóstico lo ve todo simultáneamente como si fueran imágenes acumuladas una sobre otra. (Este fenómeno se conoce con el nombre de *persistencia de las imágenes sobre la retina*).

**Principales aplicaciones** Actualmente el TAC se considera como la prueba definitiva para el diagnóstico del cáncer, pero constituye también el mayor progreso en el diagnóstico y tratamiento de la osteoporosis (disminución del tejido óseo, situación que se presenta generalmente en pacientes ancianos) y de las artritis. Los neuropsiquiatras utilizan regularmente la tomografía axial en la búsqueda de eventuales causas orgánicas responsables de trastornos mentales. El TAC se ha mostrado también muy útil en los casos en los que el paciente se encuentra demasiado débil como para someterse a intervenciones quirúrgicas exploratorias. En muchos hospitales, el TAC ha reemplazado ya prácticamente la exploración quirúrgica abdominal, reduciendo así los riesgos.

Véase **Análisis químico; Bioingeniería; Escáner; Radiología; Rayos X**

consola de reproducción de la imagen en pantalla con disfanoscopio

→ Posteriormente, la fuente rota alrededor del paciente y desde cada ángulo se realiza y memoriza un nuevo esquema de transmisión hasta completar una rotación entera. Finalmente, la computadora podrá reconstruir las opacidades distribuidas en la sección examinada, según los esquemas observados. En la página anterior, abajo y a la izquierda, mesa para el paciente y dispositivo para bloquear la cabeza durante la exploración. A la derecha, panel de mandos. En esta página, el ordenador que procesa los datos y los memoriza, y las pantallas sobre las que aparecen las imágenes de las secciones.



ordenador





# Topografía

**D**urante cientos de años, los hombres han confeccionado mapas con el fin de representar rutas seguras a lo largo de litorales abruptos e inaccesibles, elevadas cadenas montañosas o extensiones de tierra demasiado grandes como para poder confiar en las nociones intuitivas sobre distancia y dirección. En la antigüedad, los chinos, al igual que los egipcios y los babilonios, fueron excelentes cartógrafos. El geógrafo griego Ptolomeo confeccionó un excelente mapa de Europa y África septentrional. El mapa impreso más antiguo que se conoce es chino y data del año 1150; ilustra la Gran Muralla y una red de ciudades y pueblos a su alrededor. En ese mismo siglo, el gran viajero árabe Al-Idrisi confeccionaba excelentes mapas del mundo entonces conocido, orientados siempre al Sur.

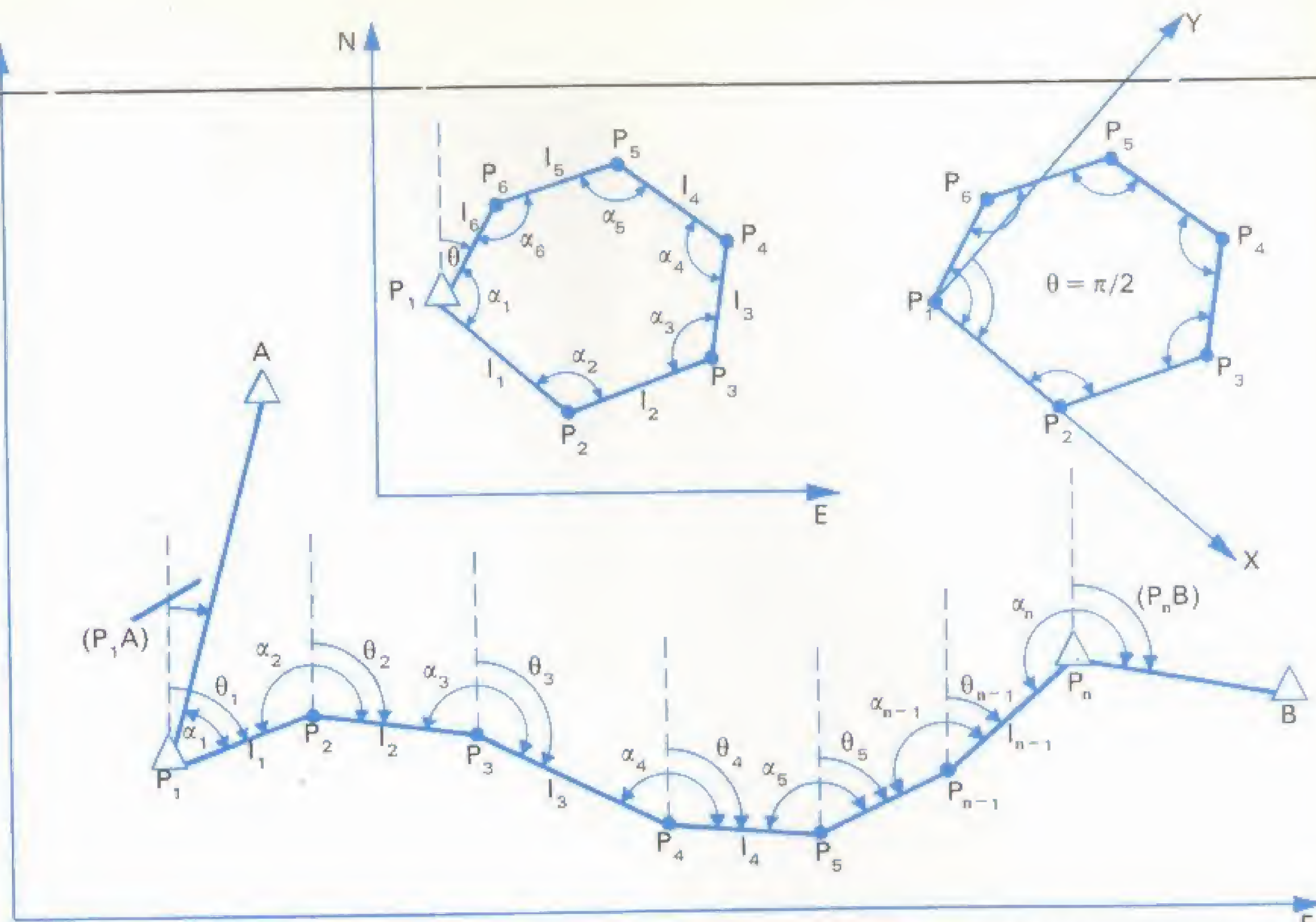
Los antiguos cartógrafos tenían que utilizar para hacer sus mapas instrumentos muy simples y, a menudo, escalas de medida poco precisas. En la actualidad, los modernos métodos de levantamiento topográfico en tierra, así como los basados en el empleo de fotografías aéreas o de satélite, y la introducción de los ordenadores, han permitido que la cartografía alcance niveles muy elevados de refinamiento y precisión.

**Curvas de nivel** El método más corriente de representación de las formas del terreno (morfología) sobre un mapa es el de las *curvas de nivel*. Estas curvas son las resultantes de la intersección de la superficie del terreno con planos imaginarios horizontales situados a intervalos constantes de altitud, y de su ulterior representación a escala. Las curvas de nivel llevan añadido sobre el mapa el valor de la altitud, o *cota*, que representan. La equidistancia entre curvas de nivel, o distancia entre planos horizontales consecutivos, depende de la escala del mapa. Así, en el mapa a escala 1:50.000 de España, elaborado por el Instituto Geográfico Nacional y el Servicio Geográfico del Ejército, la equidistancia es de veinte metros. Las curvas cuya cota es múltiplo entero de cien se llaman *curvas maestras*.

**Levantamiento topográfico** Este ha sido tradicionalmente el tipo de levantamiento empleado hasta el desarrollo de las técnicas modernas basadas en la fotografía aérea o de satélite. Todavía se emplea para levantamientos de regiones poco extensas o en trabajos a escalas muy reducidas.

La representación de los puntos del terreno sobre un mapa exige la medida de distancias horizontales (planimetría), altura (altimetría) y la selección de una escala de trabajo adecuada. Las medidas de distancia y altitud se realizan con distintos instrumentos, como el teodolito, el nivel, la brújula y el altímetro de precisión.

Un método frecuente de levantamiento es la *triangulación*. Establecida sobre el terreno una *base* de longitud perfectamente conocida entre dos puntos, se procede



Arriba, el instrumento de medida, un teodolito, se va situando en el terreno a lo largo de una serie de puntos consecutivos que definen una poligonal, cerrada o abierta (método de progresión). Es muy

útil considerar estas diagonales, aunque sólo sea desde el punto de vista de la teoría de los errores. En efecto, las medidas topográficas que se extienden sobre grandes distancias se basan en gran cantidad

de medidas de ángulos y de longitudes que se van adicionando para llegar, al final, a un resultado coherente. Si en este proceso se cometen errores, por pequeños que sean, el error resultante puede ser muy grande, por lo

que es útil saber cómo distribuirlos. Por ejemplo, en las poligonales cerradas (arriba), el último lado debe cerrarse en el primer vértice. Lo mismo ocurre para una poligonal abierta que termina en B (abajo).

a la determinación de la posición de un tercero mediante medidas angulares horizontales (acimutales) efectuadas desde ambos con un teodolito o una brújula. La proyección a escala de la base sobre el mapa y la trasposición de los ángulos medidos permite representar el tercer punto por intersección. A partir de los tres puntos se puede determinar la posición de otra serie de ellos, mediante la intersección de visuales trazadas a cada punto desde los tres vértices del triángulo. Para cubrir un área más extensa, se procede a la construcción de sucesivos triángulos con, al menos, un lado común, proceso que recibe el nombre de *expansión* y del que se deriva el establecimiento de una *red de triangulación*. Frecuentemente, estas redes se sirven de puntos de altitud y posición perfectamente conocidos, establecidos con anterioridad por los servi-

cios geográficos del país, y que reciben el nombre de *vértices geodésicos*.

Otro método de levantamiento topográfico es el de la *progresión*, consistente en ir determinando la posición y altura de puntos sucesivos a lo largo de un itinerario abierto o cerrado. Las distancias y alturas se determinan estadimétricamente, con ayuda de la mira y el teodolito.

Una vez representados sobre el mapa a escala un elevado número de puntos de la región que se va a cartografiar, con sus alturas conocidas, se trazan las curvas de nivel uniéndolas mediante una línea continua los puntos de igual altitud.

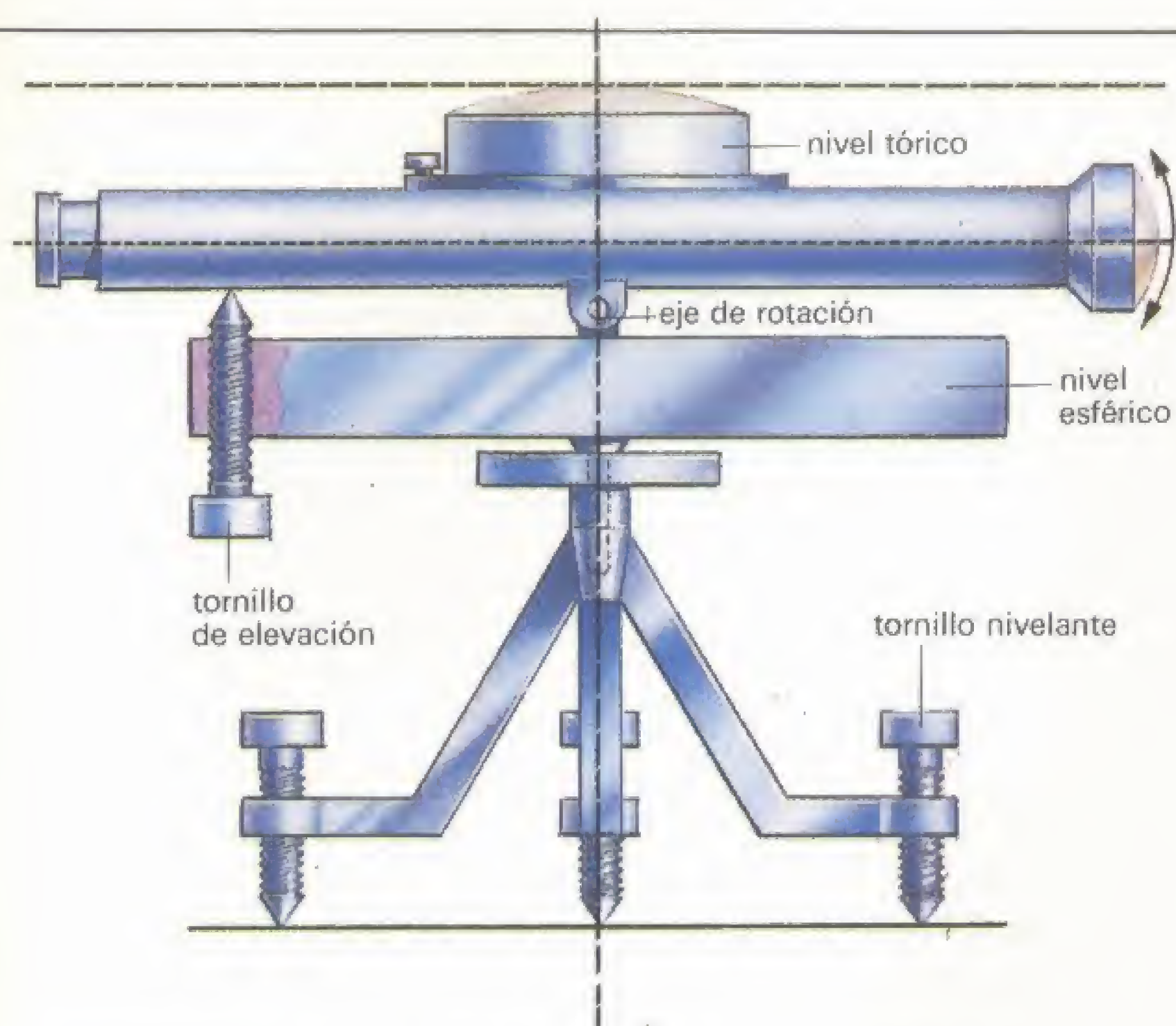
**Levantamiento aéreo** La toma de fotografías desde avión, y más recientemente desde satélite, permite, entre otras posibilidades, el levantamiento de mapas topográficos. Estos mapas reciben el nombre de *fotogramétricos*, debido a que su confección se basa en medidas efectuadas sobre fotografía. La superficie a levantar se cubre fotográficamente mediante pasadas de avión paralelas entre sí, a distancias tales que permiten un solapamiento lateral de las fotos de un 30%. A lo largo de cada pasada se toman fotos sucesivas con un solapamiento de un 60%. Este último permite la visión estereoscópica, o en relieve, del terreno, superponiendo los fotogramas adyacentes, con la ayuda de



En el centro de la página siguiente, un nivel. Se emplea en los levantamientos topográficos para determinar el horizonte exacto del punto de medida y establecer diferencias de altitud.

En este modelo se observa que el haz luminoso se hace pasar por un prisma que obliga a la visión horizontal. A la izquierda, un teodolito Zeiss computadorizado.





Funcionamiento de un nivel óptico. La posición horizontal se establece mediante el nivel de burbuja tórica, que está sobre el anteojo. Cuando la burbuja se sitúa en la posición central, el eje del anteojo (alidada)

está perfectamente horizontal. Los tres tornillos nivelantes del trípode sirven para una puesta en estación aproximada; el soporte transversal posee un pequeño nivel de modesta precisión que permite un primer

nivelado del instrumento. El tornillo de elevación sirve para efectuar la regulación definitiva de precisión. La sincronía entre el nivel de burbuja y el eje del anteojo viene comprobado por el constructor.

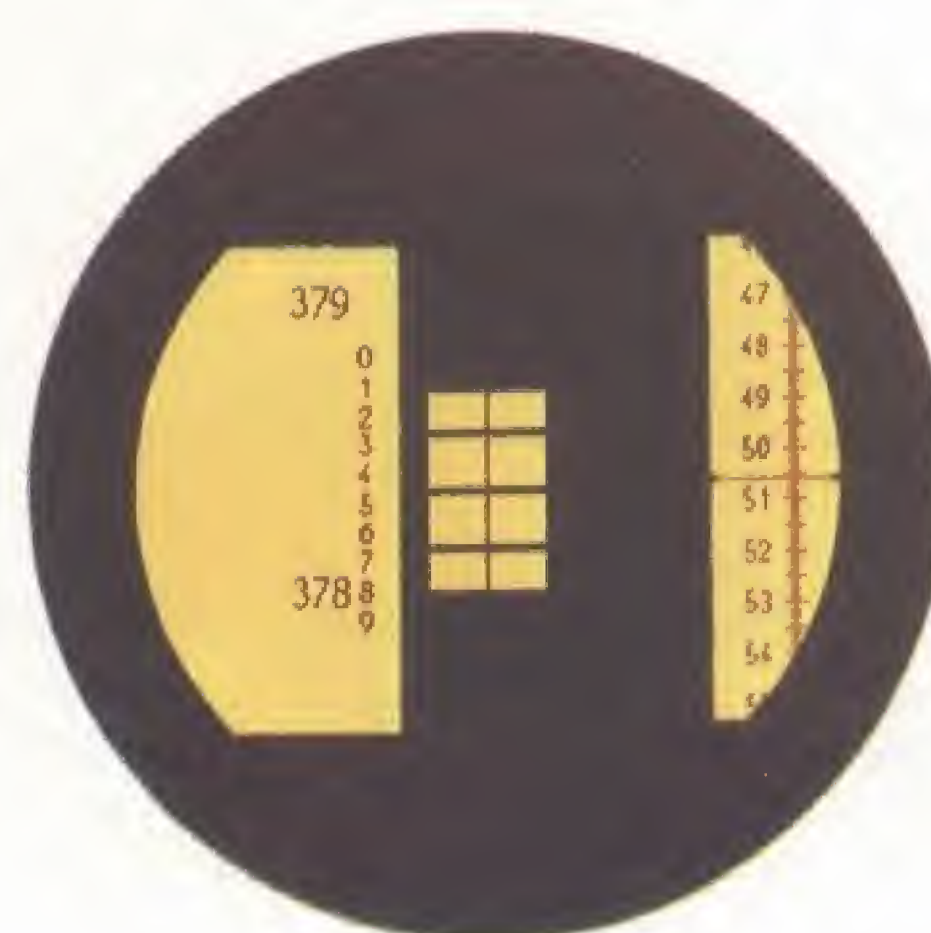
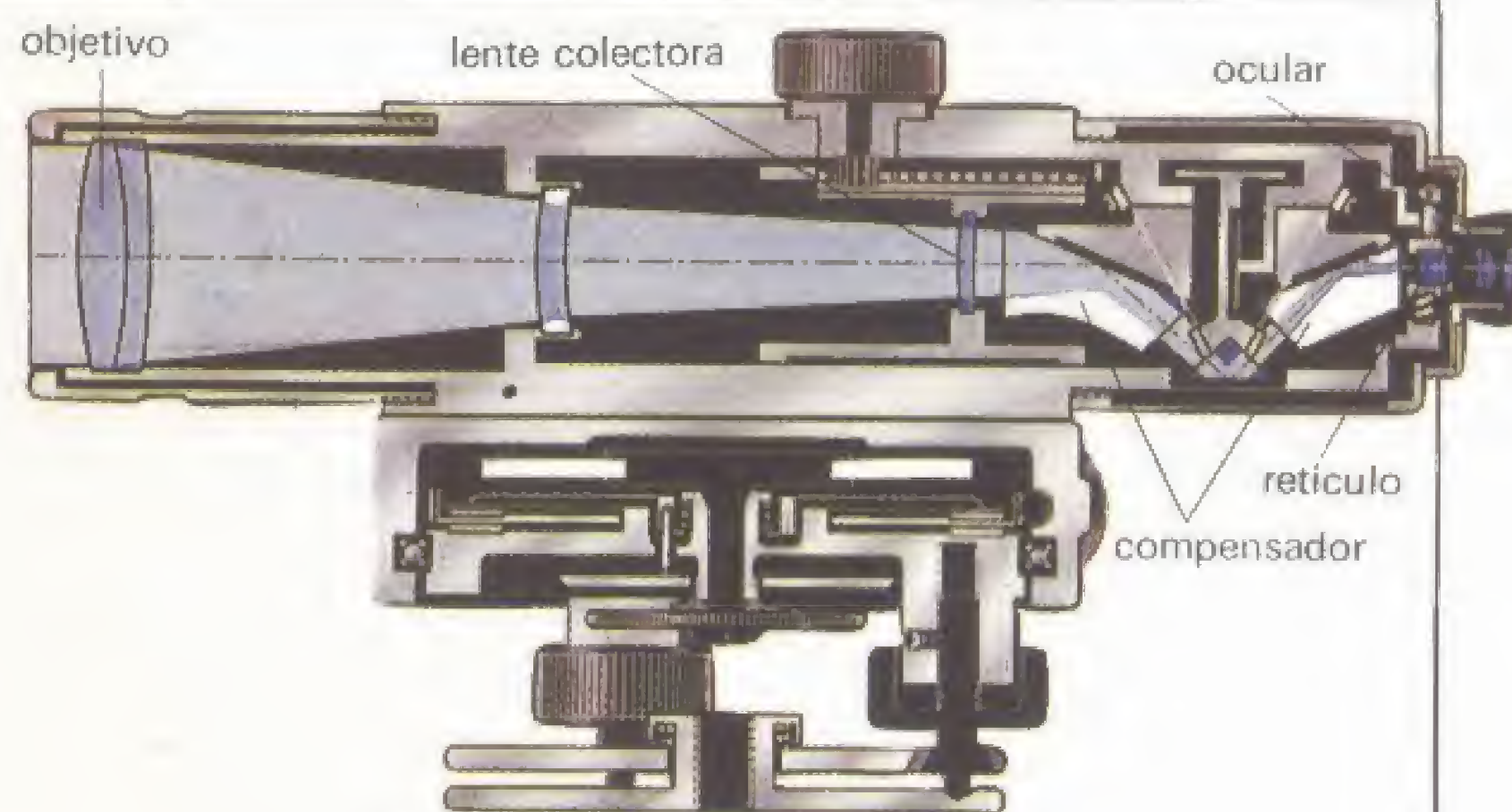
un estereoscopio. Los mapas se obtienen tras un complejo proceso de *restitución*, con la ayuda de un estereómetro.

En la actualidad, la mayor parte de los mapas que proporcionan los servicios oficiales de cada país son fotogramétricos, ya que cuando se trata de abarcar grandes extensiones son más precisos, rápidos de elaborar y económicos que los basados en levantamientos en tierra.

**Utilidad de los mapas** Existen múltiples tipos de mapas topográficos, según la escala y el objetivo al que están destinados. Asimismo, gracias al empleo del radar se dispone de mapas muy precisos de la superficie de la Luna y de otros planetas próximos a la Tierra.

La importancia de poseer una buena cartografía es capital para cualquier Estado, tanto por sus implicaciones civiles como militares. Los mapas permiten proyectar las grandes obras civiles, tales como carreteras o embalses, con un perfecto conocimiento previo de las zonas más aptas para su localización y de su posible impacto ulterior en la fisiografía regional. Asimismo, la racionalización del empleo del suelo para usos agrarios o industriales requiere un estudio previo muy preciso de las condiciones topográficas. La importancia militar de la cartografía topográfica es obvia. En ella se basa la planificación estratégica de las actuaciones ofensivas o defensivas en caso de conflicto armado.

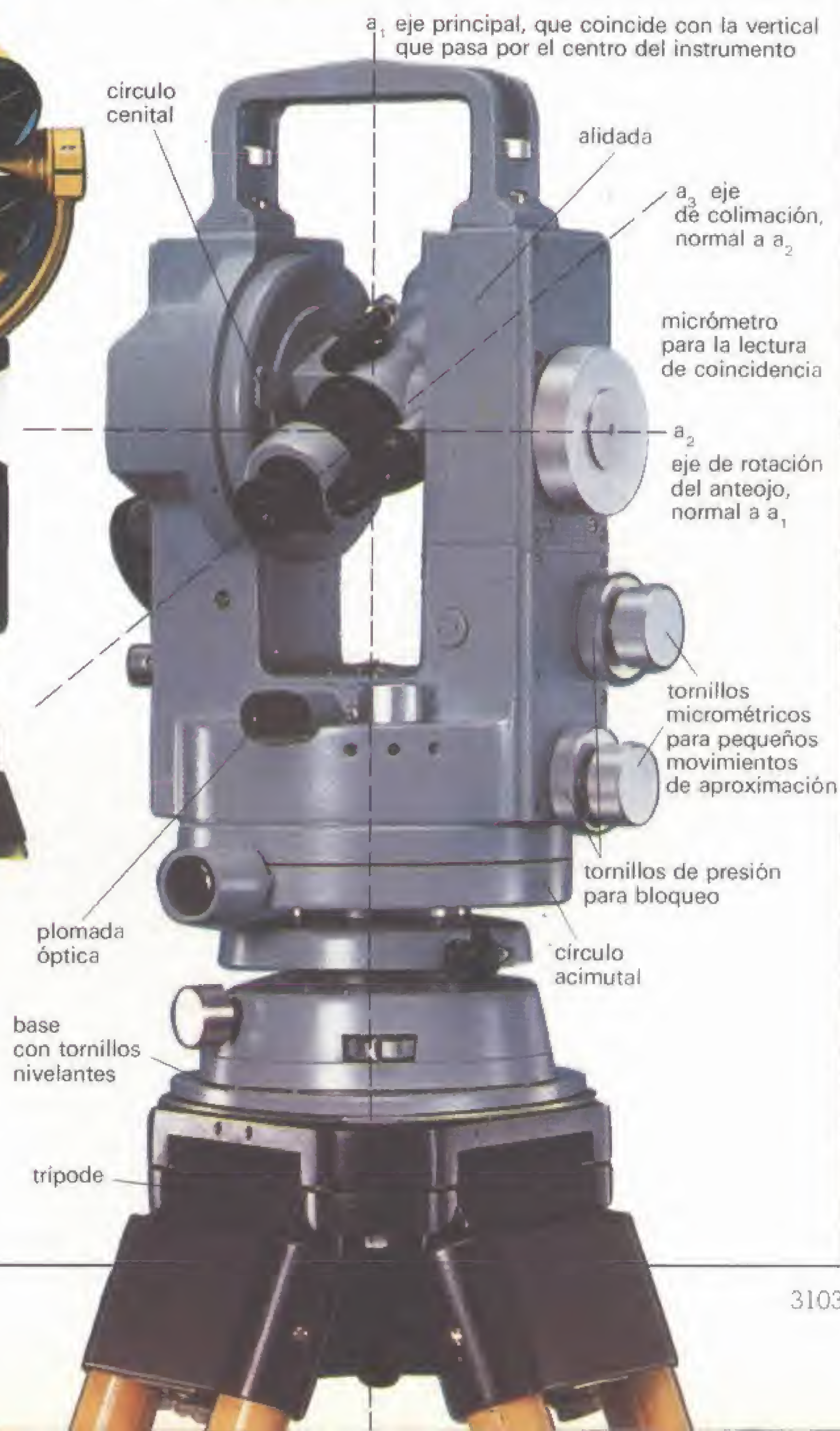
Véase **Cartografía; Geomorfología; Levantamiento topográfico; Levantamiento topográfico con satélite**



en grados y décimas de grado; a la derecha, centésimas, milésimas y diezmilésimas de grado. Sobre estas líneas aparece un sistema de retrorreflectores de precisión para el reenvío de radiaciones emitidas por determinados instrumentos. A partir del tiempo de ida y vuelta, empleado por éstas, se puede calcular la distancia entre dos puntos.



A la derecha de estas líneas, un teodolito, instrumento óptico para la medida de ángulos. El modelo presentado es de un tipo sencillo, adecuado para trabajos topográficos de no mucha extensión. Sobre éste, cómo se efectúa la lectura en el microscopio de escala adyacente al anteojo: a la izquierda, la lectura





# Topología

Como su nombre indica (*topos* significa en griego "lugar", "sitio" o "espacio") la *Topología* es la disciplina matemática que se ocupa de estudiar, de un modo general y formalizado, las propiedades de modelos abstractos de espacios y de las figuras que forman en ellos diferentes conjuntos de puntos. Puestas así las cosas, parece como si la *Topología* no fuese sino el nuevo nombre de la vieja geometría. Y, verdaderamente, se trata, en cierto modo, de una especie de geometría y ello por varias razones. En primer lugar porque se ocupa de aquellas propiedades de las figuras o conjuntos de puntos espaciales que permanecen invariantes o fijos cuando se someten a transformaciones *biyectivas* y *bicontinuas*. Estas transformaciones, que *técnicamente* se denominan *homeomorfismos*, son las fundamentales para los topólogos. Intuitivamente un *homeomorfismo* es una transformación tal que hace corresponder los puntos de dos conjuntos biunívocamente y que, además, puede considerarse como un cambio continuo entre ellos sin ruptura, rasgamiento ni adherencia de ningún tipo. Por ejemplo, un balón de fútbol es *homeomorfo* de uno de rugby y una rosquilla lo es de un anillo. Por ello se dice, a veces, que los topólogos son unos matemáticos que no distinguen la rosquilla de la taza de café (siempre que ésta tenga un asa con orificio), paradoja que se comprende mejor examinando una figura como la que se adjunta. También se suele decir que la Topología es la geometría de las figuras de goma. En ese sentido los topólogos serían unos geómetras más generales que los clásicos, los cuales consideran distinguibles dos figuras en cuanto éstas no tienen numerosas características comunes; por ejemplo, para éstos hay infinitos triángulos (diferenciados entre sí por sus distintos lados y ángulos), mientras que para aquéllos todos los triángulos son iguales y ¡para colmo! no los distinguen de cualquier otro polígono cerrado simple o, incluso, de un círculo o de otras figuras homeomorfas del mismo.

En segundo término, y esto es algo más difícil de entender, la Topología contempla la posibilidad de dotar a un mismo conjunto de puntos de diferentes *estructuras* que, para entendernos, podrían llamarse *espaciales* (aunque, técnicamente, se denominen *topológicas*). Por ejemplo: el conjunto de los puntos del plano de la geometría elemental, al que venimos tácitamente refiriéndonos al hablar de triángulos o círculos, se considera dotado de una *función distancia* particular, la *euclídea*, que es la medida del segmento de recta que une dos puntos, que le convierte en un caso particular de lo que se llama un *espacio métrico*. Pues bien; es posible considerar, para el mismo plano, otras definiciones de *distancia* o, incluso, dar estructuras que permiten seguir considerando propiedades *espaciales*, como la continuidad, sin usar distancias, como la de *espacio topológico*.

En tercer lugar, abundando en lo ante-

rior, la Topología generaliza a la geometría al considerar espacios distintos —más complicados, abstractos y generales— que el considerado como propio de la experiencia espacial y su modelo *euclídeo*. En dicho sentido cabría considerarla como una teoría general de los *espacios abstractos* que sirven de modelos matemáticos de los *espacios* que se presentan en multitud de problemas.

**¿De qué trata la Topología?** De lo dicho cabe entender que la Topología se ocupa de dos cosas distintas. Por una parte, de estudiar las llamadas *estructuras topológicas*. Es decir: al igual que la Teoría de conjuntos se ocupa, de un modo preferente, de los conjuntos ordenados y el Álgebra entiende de los conjuntos con estructuras algebraicas —por ejemplo, de grupos, anillos o espacios vectoriales— la Topología estudia las estructuras matemáticas que confieren a los conjuntos propiedades que, concreta e intuitivamente, pueden calificarse de *espaciales*. Por ejemplo, si a varios conjuntos se les dota de funciones *distancia* puede decirse de sus puntos que están más o menos "cerca" o "que una sucesión de los mismos tiende a un límite" y, lo que es fundamental, que una función de uno de ellos en sí mismo o en uno de los otros es continua.

La parte de la Topología dedicada a estas cuestiones es la que se ha llamado tradicionalmente *conjuntista* y hoy suele denominarse *Topología general*. Estudia, de modo muy abstracto, con métodos e ideas propios o próximos a los de la Teoría de conjuntos, las propiedades que se derivan de sistemas de axiomas simples (como los ya señalados de espacios métricos y topológicos) y de conceptos muy generales en las correspondientes estructuras (como los de convergencia, continuidad u homeomorfismo).

Se trata, pues, en la Topología general, de estudiar estructuras formales que traduzcan las ideas intuitivas que sobre el espacio tenemos y, más aún, las que permiten modelizar fenómenos de interés científico sobre el mismo. En este sentido la Topología recoge y actualiza los conceptos y métodos que la Geometría y el Análisis matemático han venido forjando hace siglos. Así, la primera aplicación de la Topología es la de dar rigor a las Teorías de funciones de variable real o compleja. Pero, y ello tiene notable interés, también permite construir un *Análisis general* o abstracto, que es el que, combinando estructuras algebraicas (por ejemplo, las de grupo y espacio vectorial) y topológicas (por ejemplo, las de espacio métrico o espacio topológico) permite estudios que generalizan los usuales del Análisis clásico.

Dicho Análisis abstracto se confunde hoy, en cierto modo, con el llamado *Análisis funcional* (así se le llama a veces incluso) al que ha dado rigor y generalidad. Este último, en un principio, consistió en el estudio de funciones numéricas cuyos argumentos son funciones (denominadas,

por ello, *funcionales*) —un ejemplo típico es el de la integral, que atribuye un valor numérico a cada función integrable en un cierto intervalo— y, también, de transformaciones de unas funciones en otras (llamadas *operadores*), como la *derivación*.

Precisamente una de las razones que hacen *necesaria* la Topología general (aparte de la conveniencia de abstraer, generalizar y dar rigor a las ideas clásicas sobre continuidad, convergencia, etc.) es la de permitir el análisis matemático de funciones entre entidades muy diferentes de los números reales (vectores, matrices, funciones, etc.) y hacerlo, además, de una forma general y única, válida para todos ellos.

La segunda clase de cuestiones que estudia la Topología es de otra naturaleza. Si en un cierto espacio dotado de estructura topológica, por ejemplo el plano o el espacio euclídeos (que son espacios métricos), se estudian configuraciones de puntos, como los vértices de un polígono o un poliedro (técnicamente se les llama *símplices*), o *variedades*, como una curva o una superficie, y se investigan las propiedades de los mismos que resultan invariantes cuando se les somete a homeomorfismos, se tendrá una especie de *geometría* (en el sentido *técnico* de la palabra, usada por Klein en su *Programa de Erlangen*, "estudio de los invariantes de las figuras en el grupo de transformaciones del espacio") o, más propiamente, la *topología de dicho espacio*. Los estudios de tal naturaleza constituyen la llamada *Topología combinatoria*. Por ejemplo, uno de los resultados clásicos más antiguos de la misma —anterior a su existencia como tal— es el famoso teorema o fórmula de Euler (o de Descartes) sobre los vértices, caras y aristas de un poliedro simple, que afirma que "la suma de los números de caras y vértices menos el de aristas es siempre dos".

También se debe a Euler la solución de otro famoso problema de naturaleza topológico-combinatoria: el de los puentes de Königsberg. En dicha ciudad de la Prusia Oriental (famosa por ser la patria de Kant, hoy ciudad soviética llamada Kaliningrado) había en el siglo XVIII siete puentes que cruzaban el río Pregel, uniendo uno, entre sí, las dos islas existentes en el río, otros dos una de las islas con cada una de las orillas del río y los otros cuatro la isla restante con ambas orillas, a razón de dos para cada una de ellas. Los habitantes se distraían dándole vueltas a una cuestión curiosa: ¿es posible recorrer los siete puentes en un paseo continuo y sin pasar dos veces por el mismo puente? La solución de Euler (contestando negativamente) puede considerarse como el primer antecedente de lo que hoy es una disciplina especializada: la *Teoría de grafos* (o *redes*) de notable interés en investigación operativa.

Actualmente, más que de *Topología combinatoria*, se habla de *Topología algebraica* por la intensa aplicación que en la misma se hace de métodos algebraicos.



La Topología es una especie de geometría generalizada que se ocupa de estudiar las propiedades invariantes en los *homeomorfismos* (transformaciones biyectivas y bicontinuas). Por eso, para un topólogo no hay diferencias entre una rosquilla y una taza con asa (siempre que ésta tenga orificio). La figura muestra cómo la rosquilla puede transformarse continuamente en la taza.



El esquema muestra de una forma sencilla la diferencia entre distintos tipos de *geometrías* del plano, progresivamente *generales*:

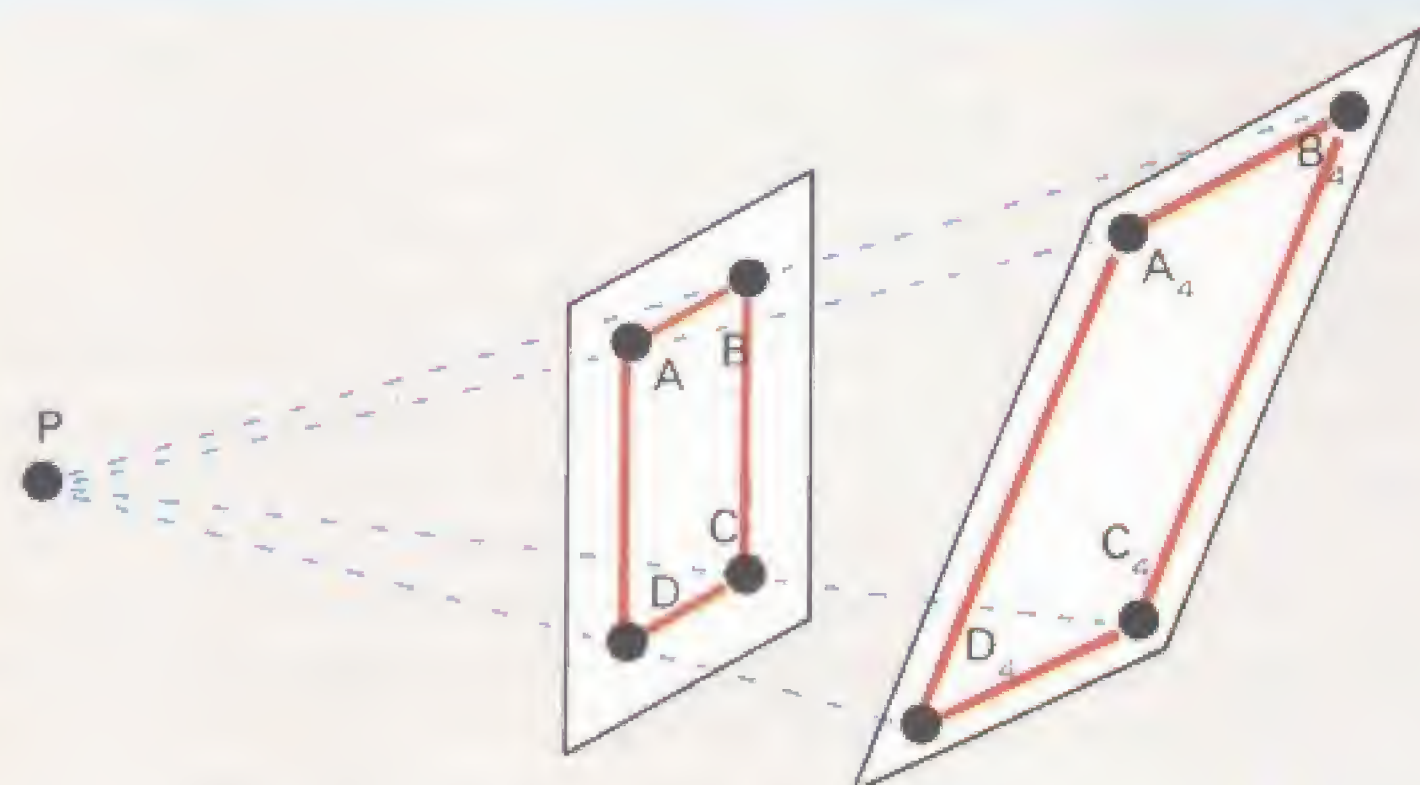
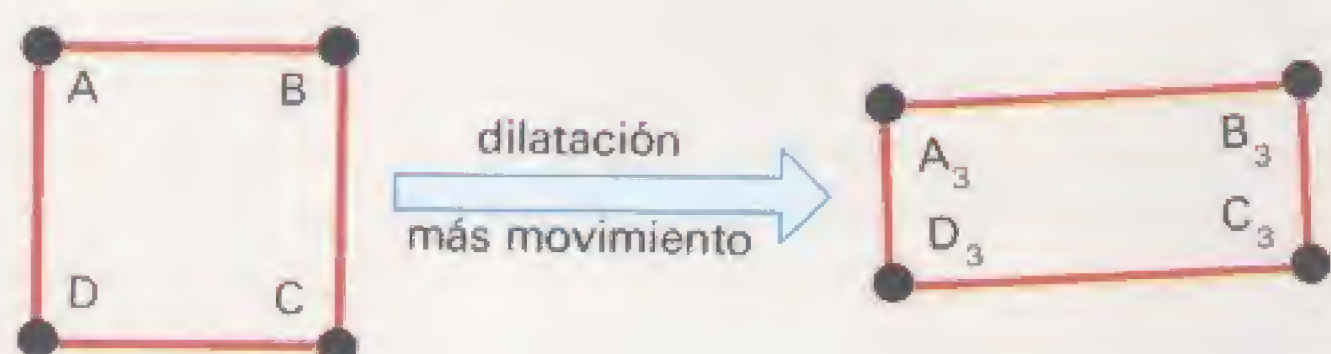
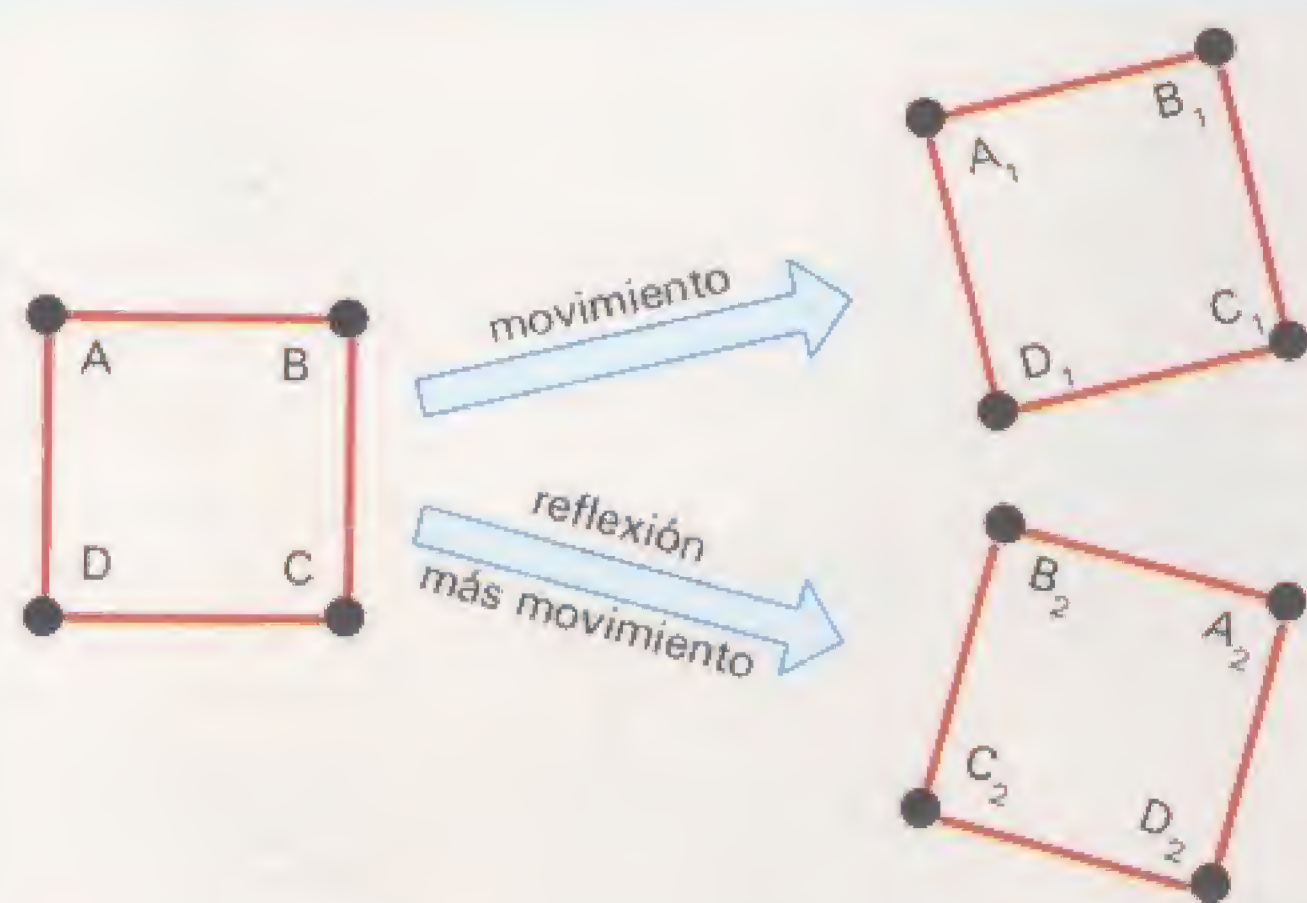
- *Euclídea*: las transformaciones euclídeas conservan las distancias.

- *Afin*: las transformaciones *afines* dilatan las figuras, de forma igual o distinta, según cada una de las direcciones.

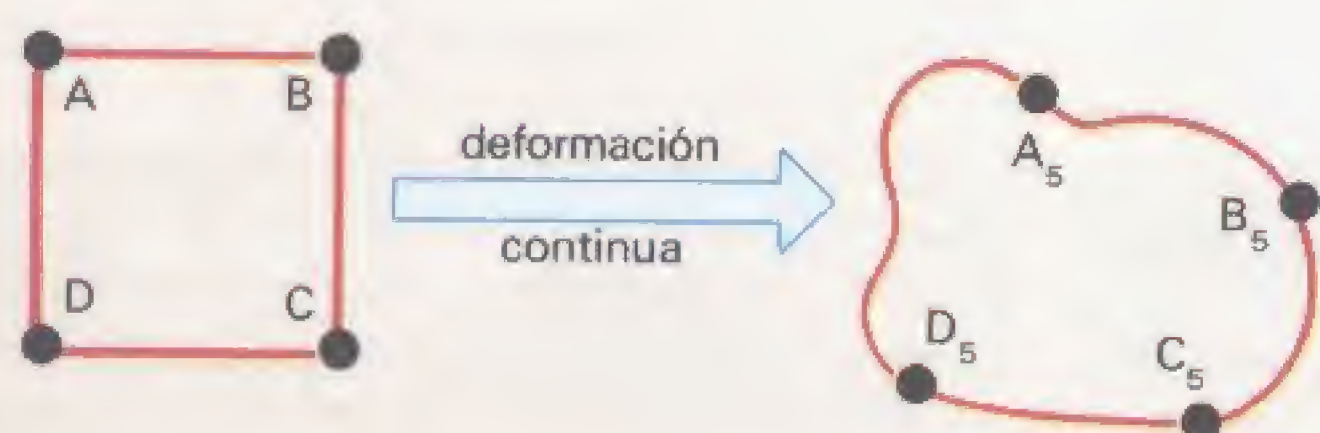
- *Proyectiva*: las transformaciones *proyectivas* cambian las figuras por proyecciones de las mismas, desde un punto exterior, sobre un plano distinto del primitivo.

- *Topológica*: las transformaciones *topológicas* son los *homeomorfismos*.

- *Conjuntista*: las transformaciones *conjuntistas* son las biyecciones.



proyección sobre otro plano desde punto exterior





fundamentalmente de los de la Teoría de grupos.

En ella se trata, de forma preferente, de variedades con propiedades un tanto paradójicas. Por ejemplo, muestra especial interés por la *banda de Moebius* o la *botella de Klein*, aunque, curiosamente, encuentra también interesantes propiedades en superficies tan simples como la *esfera* o el *toro* (la superficie en forma de rosquilla que engendra una circunferencia cuando da una vuelta completa en torno a una recta que no la corta).

Otro problema, que durante décadas los topólogos combinatorios estudiaron y cuya solución práctica era admitida por los cartógrafos e ilustradores hace tiempo, es el de probar que bastan cuatro colores para colorear un mapa. Desde 1852 en que se conjeturó la solución hasta 1976 en que se demostró, numerosos matemáticos fracasaron en el intento de probarlo. Aún hoy hay algunos que se resisten a aceptar la demostración (debida a Kenneth Appel y Wolfgang Haken) porque la misma se ha realizado efectuando complicados cálculos con ordenador y porque dichos cálculos no se pueden comprobar sin él.

Pero no se trata sólo de curiosidades históricas y matemáticas recreativas. La Topología algebraica, como la general, conecta con las partes más modernas, interesantes y susceptibles de aplicaciones prácticas de la matemática moderna: por ejemplo con la Geometría diferencial o con la Teoría cualitativa de ecuaciones diferenciales. Ya Poincaré, uno de los padres de la Topología, aplicó métodos topológicos para el estudio de cuestiones como la de la estabilidad de un sistema dinámico representado por un sistema de ecuaciones diferenciales.

En realidad, existe desde mediados de los años 50 una nueva disciplina: la *Topología diferencial*, que se ocupa de modo general de cuestiones de ese tipo. Mientras que en la Topología general o en la algebraica dos variedades son equivalentes si puede pasarse de una a otra mediante un homeomorfismo (es decir: una *biyección bicontinua*) en Topología diferencial dos variedades son equivalentes si se puede pasar de una a otra por un *difeomorfismo* (es decir, un homeomorfismo tal que es también diferenciable).

**De las múltiples significaciones de la palabra "topología"** Se ha usado en las líneas anteriores, como se hace en los libros y artículos de la disciplina, la palabra *topología* con varios significados; conviene, pues, repasar y resumir, sin pretender exhaustividad, los posibles significados de la misma.

1. En primer término *topología* es el nombre de una ciencia matemática. Antes se la denominó, siguiendo a Leibniz, *Analysis situs* y también, aunque menos, *Geometria situs* (que podría traducirse como "geometría de la posición", denominación nunca adoptada por haberse utilizado por Staudt para la Geometría proyectiva). Es la ciencia de las propiedades de las es-

tructuras matemáticas que pretenden reflejar las características de diferentes tipos de espacios.

2. En segundo término, y de modo informal, se usa *topología* como sinónimo de *estructura topológica*. Así se dice, por ejemplo, "E tiene una topología de espacio métrico" para referirse al hecho de que en dicho conjunto se ha definido una distancia y que, en consecuencia, tiene propiedades de espacio métrico.

3. En sentido más técnico se utiliza el término *topología* para designar una familia de subconjuntos de un conjunto no vacío E, a los cuales se les llama los *abiertos* de E, y tales que cumplen los tres axiomas de *espacio topológico* ("el vacío y el propio E son abiertos"; "la unión de abiertos, finita o no, es un abierto"; y "la intersección finita de abiertos también lo es").

En ese sentido cabría decir la frase un tanto *chocante* de que "si se da en E una *topología* (familia de abiertos) se le dota de una *topología* (estructura topológica)".

4. Aun cabe otra acepción, igualmente técnica. Se llama *topología* de un cierto espacio (dotado naturalmente de estructura topológica) al conjunto de las propiedades invariantes en el grupo de los homeomorfismos del mismo. Se trata de un uso análogo al del término *geometría* en el *Programa de Erlangen* de Klein. En ese mismo sentido habría que distinguir entre el uso formal y el informal de la expresión "propiedad topológica". El último haría referencia a una propiedad de naturaleza topológica (o estudiada en la disciplina *Topología*); el primero se usaría para designar una "propiedad que se conserva en los homeomorfismos".

**Un apunte histórico** La Topología es una disciplina matemática reciente; la mayor y más importante parte de sus desarrollos es fruto del propio siglo XX. Sin embargo, su nacimiento se produjo en el XIX y sus antecedentes son más antiguos. Así, por ejemplo, Leibniz en 1679, en su *Charakteristica geometrica*, trató de iniciar, bajo el nombre de *Analysis situs* o *Geometria situs*, un estudio de las características geométricas obtenidas sin recurrir a métodos analíticos e independientes de las propiedades relativas a las magnitudes. La cosa no prosperó grandemente. En 1750 Euler dio su famosa fórmula sobre los poliedros, de la que publicó una prueba en 1751, aunque Descartes y Leibniz ya la conocían. En 1811 Cauchy volvió a dar otra prueba. En cuanto al famoso problema de los puentes de Königsberg, Euler tuvo noticias del mismo durante su estancia en la corte de San Petersburgo y dio su solución en 1735.

En 1834 un discípulo de Gauss, Johann B. Listing (1806-1882) utilizó por primera vez la palabra *topología*, al titular *Vorstudien zur Topologie* su libro sobre *geometria situs* y preferirla a ésta. Listing, en ese y posteriores trabajos, inició el estudio de las propiedades cualitativas de las superficies (tratando de generalizar la fórmula de Euler) Moebius fue otro de los pione-

ros de la Topología combinatoria, hacia 1858 Listing y él, independientemente, descubrieron las superficies de una sola cara, de las que la banda de Moebius es la más conocida.

Sin embargo, fue Riemann, el gran alumno de Gauss, quien dio el mayor impulso a la Topología. Y por un camino un tanto insospechado: en relación con su estudio de 1851 sobre las funciones de variable compleja. A partir de entonces (y por múltiples razones: el desarrollo de las geometrías no-euclídeas, las ideas geométricas del propio Riemann, el *Programa de Erlangen* de Klein, etc.) la Topología adquiere peso y se desarrolla notablemente. De todos modos hay que considerar a Henri Poincaré (1854-1912) como el auténtico fundador de la Topología combinatoria, que, ya en el siglo XX, tiene numerosísimos cultivadores en Europa (Alemania, Francia, Italia, etc.) en Estados Unidos, Unión Soviética y en otros países menos importantes matemáticamente.

Por su parte, la Topología conjuntista tiene sus precedentes en las consideraciones que sobre continuidad, convergencia, etc., se vienen haciendo en matemáticas de antiguo. En particular, podría pensarse en los creadores del Cálculo o los matemáticos que le dieron rigor en el siglo XIX como sus precursores. Sin embargo, hay que pensar que ésta aparece, como *Teoría de los conjuntos de puntos*, por obra de Cantor; es continuada por matemáticos como Jordan o Borel y adquiere una cierta consistencia cuando se le conecta con el Análisis funcional. En 1906 Fréchet crea el concepto de *espacio métrico*, con el que generaliza el de espacio euclídeo de la geometría elemental y consigue unificar el tratamiento de las clásicas funciones definidas sobre  $\mathbb{R}$  o  $\mathbb{C}$  y el de aquéllas definidas en conjuntos cuyos elementos son otras funciones y que aparecen, naturalmente, al estudiar, por ejemplo, ecuaciones integrales o cuestiones de cálculo de variaciones (el que consiste en hallar el máximo o mínimo de una integral cuando varía la función subintegral). Más tarde, Felix Hausdorff (1868-1942), en su *Grundzüge der Mengenlehre* (*Elementos de Teoría de conjuntos*), en 1914, da ya una visión muy desarrollada de la disciplina e introduce el concepto de *espacio topológico* (no mediante una familia de abiertos sino asignando a cada punto la familia de sus entornos).

Progresivamente, los métodos de la *Topología general* se han introducido en la *combinatoria*, a la vez que ésta ha ido utilizando también métodos algebraicos. El Análisis funcional y sus aplicaciones prácticas (en Física matemática, por ejemplo) se han acabado basando también en la Topología y ésta, hoy, se ha convertido en una de las disciplinas fundamentales de la Matemática moderna.

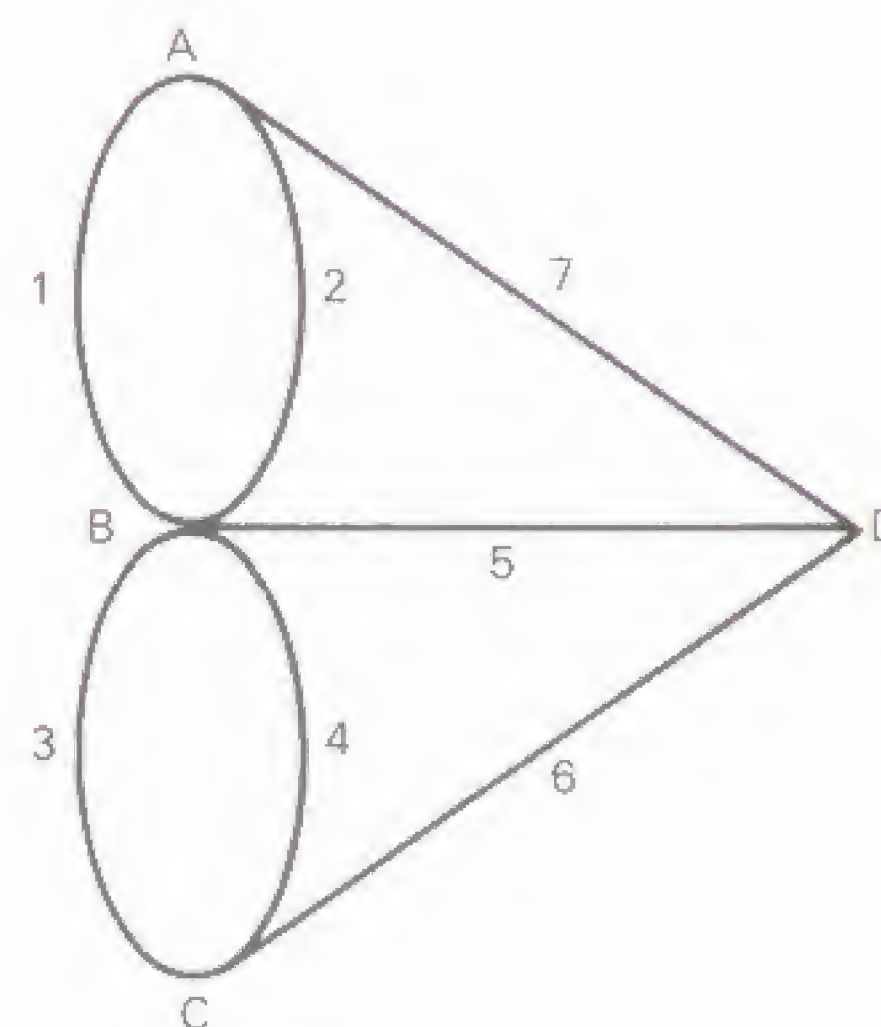
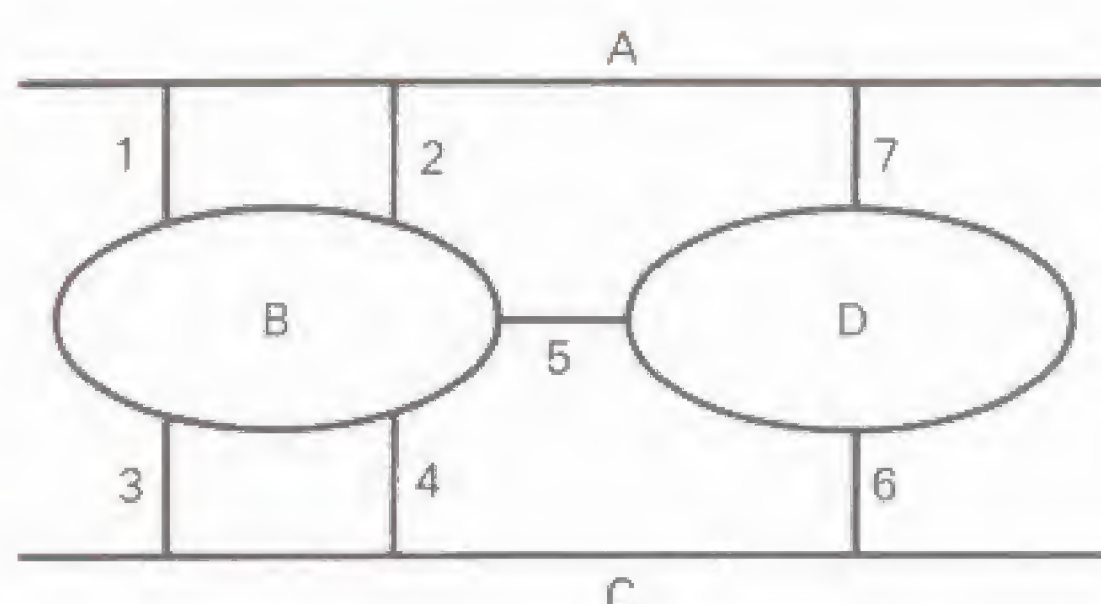
**El espacio "real" y el de la Topología** La Topología se ocupa de espacios abstractos, definidos de un modo axiomático, caracterizados por lo que pueden pa-





En 1736 apareció en San Petersburgo un trabajo con la solución de Euler (obtenida en 1735) al problema de los siete puentes de Königsberg. (véase texto, p. 3104). En realidad se encuentran en el mismo ideas importantes de Topología combinatoria y las iniciales de la actual Teoría de grafos. En la figura se muestran las tres fases seguidas por Euler para resolver el problema: en primer lugar, un dibujo simplificado de las islas y los puentes; después, un esquema del mismo;

por último, el grafo, obtenido gracias a una idea genial. Las dos islas y las dos orillas se reducen a cuatro puntos, A, B, C y D, los siete puentes a los trazos que los unen. Un simple examen muestra:  
a) La equivalencia topológica entre las tres situaciones.  
b) La imposibilidad en la tercera, y por tanto en la primera, de hacer un recorrido completo que pase por A, B, C y D sin pasar dos veces por uno de los trazos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.



recer extrañas propiedades. Igualmente estudia curvas "monstruosas" (como la de Peano que "llena" un cuadrado), superficies como la banda de Moebius o la botella de Klein, o complicadas y "utópicas" superficies en espacios  $n$ -dimensionales, etc. ¿Es un juego o algo serio? Ambas cosas. Es un juego, como toda la Matemática, en el sentido de que trata del desarrollo de sistemas formales; es decir, dadas una lista de axiomas y unas reglas lógicas de deducción se obtienen teoremas. Pero es también una cosa seria (tanto como lo sean la ciencia, la industria o las actividades sociales) por cuanto trata de proporcionar —al resto de las disciplinas matemáticas, a las ciencias y las técnicas e, incluso, a la propia práctica cotidiana— modelos de espacios, en forma de estructuras topológicas. En ese sentido, y dejando

de lado posibles exageraciones, pedanterías y conceptos más o menos teratológicos (que de todo eso hay algo), muchos de los espacios inventados por los matemáticos se han revelado de enorme utilidad. Recien creado, por ejemplo, fue aplicado el espacio de Hilbert a la interpretación de la Mecánica cuántica.

Hoy puede repetirse, a la altura de nuestro tiempo, que diría Ortega, la vieja polémica epistemológica sobre el espacio real y los de la geometría, sustituyendo ésta por la Topología. La cuestión, como es sabido, ha tenido importantes derivaciones filosóficas y de ella se han ocupado Platón, Kant y otros muchos. No es el lugar de insistir aquí en dichas cuestiones, aunque convenga poner de relieve la necesidad de distinguir entre los espacios abstractos de la Matemática y los espacios

de la experiencia (los que se nos presentan en la Microfísica, la Cosmología o la vida cotidiana).

Sin resucitar la vieja cuestión, en cierto modo superada, de si el conocimiento acerca del espacio es *a priori*, como suponía Kant, parece interesante recordar las tesis de Piaget (creador de la Psicología genética) sobre el hecho de que la mente infantil va formando sus conceptos según moldes que suponen un correlato psicogenético de las estructuras matrices de la matemática: las de orden, algebraicas y topológicas.

Véase: Banda de Moebius y botella de Klein; Continuidad; Convergencia; Curvas y superficies; Espacio matemático; Espacios métricos y topológicos; Estructura matemática; Geometría diferencial; Geometría; Método axiomático; Modelo matemático; Polígonos y poliedros



# Torio

NOMBRE	TORIO
SÍMBOLO	Th
ETIMOLOGÍA DEL NOMBRE Y DEL SÍMBOLO	del nombre del dios germánico Thor
N. ATÓMICO	90
PESO ATÓMICO	232,038
ESTADO NATURAL	en los minerales monacita, torita y torianita
DESCUBRIMIENTO O AISLAMIENTO	J. J. Berzelius (1829)
PRODUCCIÓN	combustión de los minerales con ácido sulfúrico y purificación
P. f. °C	~ 1.700
P. eb. °C	~ 4.000
PESO ESPECÍFICO O DENSIDAD	11,7
COLOR	blanco argénteo
ESTADO DE OXIDACIÓN	Th <sup>4+</sup>
ELECTRONEGATIVIDAD (según L. Pauling)	1,3
PROPIEDADES Y APLICACIONES	elemento de la serie de los actínidos, importante por su aprovechamiento como combustible nuclear; en aleación con el magnesio es utilizado para motores de avión

Existe más energía encerrada en los núcleos de los átomos de torio existentes en la corteza terrestre que en todo el petróleo, carbono y uranio de la Tierra. El torio, en estado puro, es un metal blanco-plata que se oxida con mucha lentitud. Si se reduce a polvo muy fino y se calienta, arde, emitiendo una luz blanca deslumbrante. Por esta razón se emplea en la fabricación de las carcassas o camisas de las lámparas de gas portátiles. El resplandor incandescente de estas carcassas, constituidas por un tejido tratado químicamente, es generado por la reacción química que tiene lugar entre los átomos de torio y los átomos de oxígeno del aire cuando son calentados por la llama del gas. Este tipo de reacción química altera únicamente los enlaces existentes entre los distintos átomos, mientras que las reacciones nucleares cambian la estructura misma de los átomos.

**Estructura atómica e isótopos radiactivos** Como todos los átomos, también los de torio están constituidos por pequeñísimas partículas cargadas negativamente, llamadas electrones, que giran alrededor de un núcleo central. Este núcleo está formado por partículas con carga positiva, los protones, y por neutrones, que no tienen carga eléctrica alguna. Todos los átomos de un elemento contienen la misma cantidad de protones (este número fijo se conoce como *número atómico*), pero no necesariamente el mismo número de neutrones. En un núcleo, el número total de protones y de neutrones constituye el *número másico* del átomo. Todos los átomos de torio tienen como número atómico 90, pero pueden tener un número másico variable entre 223 y 234, aunque la mayor parte se caracteriza por un número de masa 232. Las diferentes formas de un mis-

mo elemento que presentan distintos números másicos constituyen los *isótopos* de dicho elemento.

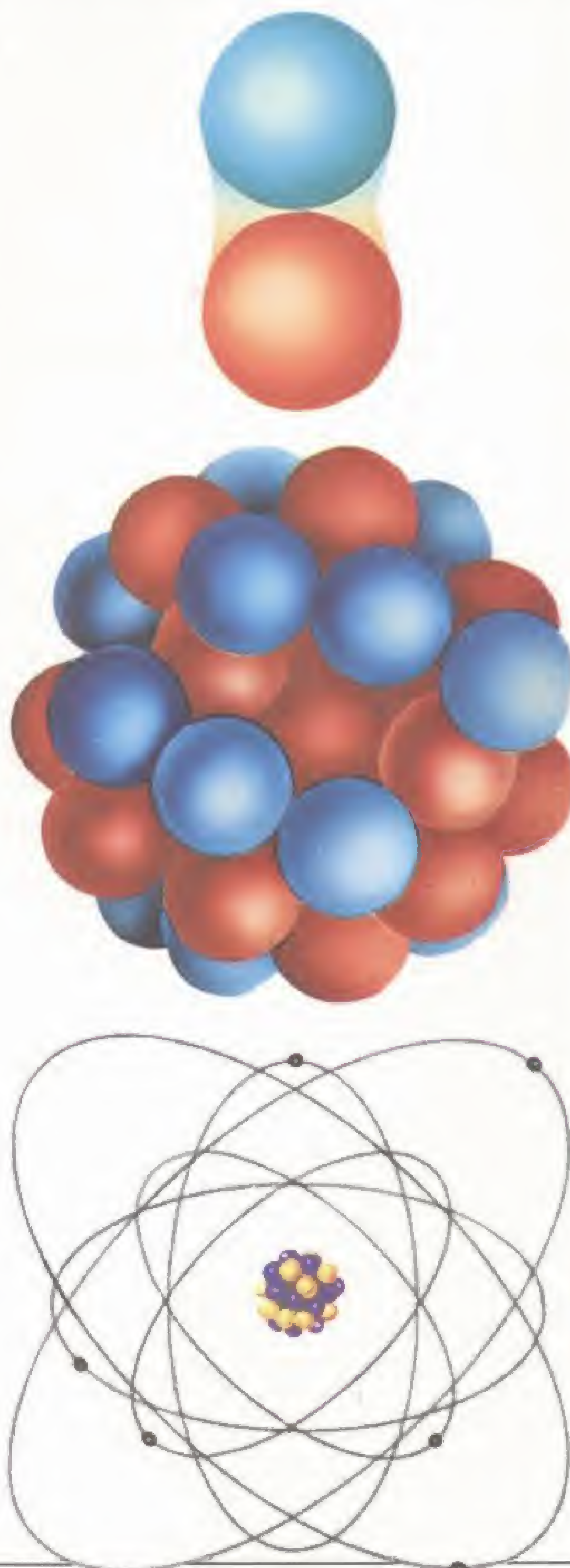
Todos los isótopos del torio son radiactivos, o lo que es lo mismo, los átomos de este elemento son inestables: de vez en cuando alguno se desintegra y emite partículas, que pueden ser de varios tipos. El tiempo que transcurre hasta que la mitad de los átomos de una sustancia dada se desintegra espontáneamente se denomina *período de semidesintegración* de dicha sustancia. El período de semidesintegración del torio 232 es casi infinito: cerca de catorce mil millones de años, más o menos, tres veces la edad de la Tierra. La mayor parte de los otros isótopos del torio tiene períodos de semidesintegración mucho más breves (el del torio 223, por ejemplo, se aproxima a un segundo), por lo que se degradan rápidamente, transformándose en otros elementos. Algunos de sus isótopos, sin embargo, tienen un período de semidesintegración bastante alto, por lo que son relativamente estables. El

radiotorio, o torio 228 (de su serie radiactiva), el torio 229 (de la serie del neptunio), el torio 230 (de la serie del uranio), tienen una vida media larga, con períodos de semidesintegración de 1,9 años, 7.000 años y 80.000 años respectivamente.

**Serie del torio** Cuando un átomo de torio 232 se degrada, emite una partícula alfa, formada por dos protones y dos neutrones. La emisión de la partícula alfa reduce el número atómico del torio 232 en dos unidades, y el número másico en cuatro, transformándolo en el isótopo 228 de otro elemento, el radón. También éste es radiactivo y su período de semidesintegración es relativamente corto. Este proceso continúa hasta que, por último, se forma un elemento no radiactivo, y por tanto estable, que es el plomo.

El grupo de elementos radiactivos que se forman en el proceso anteriormente indicado, incluso los que poseen una vida muy breve, se considera perteneciente a la *serie del torio*. Todos los elementos de la serie del torio poseen un período de semidesintegración relativamente breve, y no existirían de hecho si no se formaran a partir del torio. Gracias a su dilatadísimo período de semidesintegración, el torio 232 todavía continuará produciendo elementos de esta serie durante miles de millones de años.

**Fisión del torio** Algunos tipos de isótopos radiactivos se *fisionan*, es decir, en lugar de emitir una o más partículas, divi-

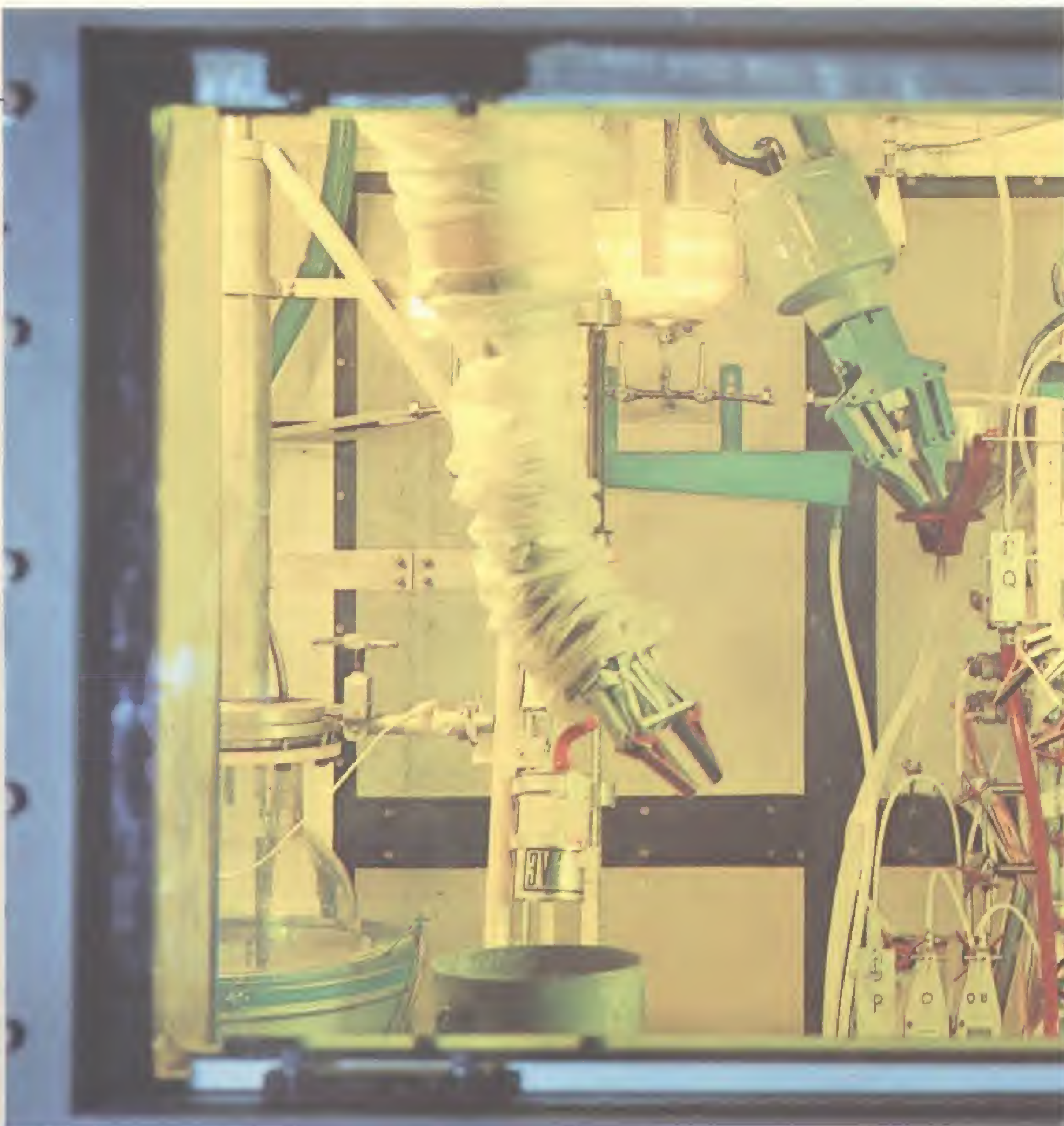


El torio pertenece a la familia de las sustancias radiactivas, lo que significa que su núcleo es inestable y que en un lapso de tiempo más o menos largo se transforma en otro elemento. La razón de esta inestabilidad queda descrita en los esquemas de la izquierda y de la parte inferior. A la izquierda, en la parte superior, se ve una unión protón-neutrón que se da gracias a las fuerzas nucleares, fuerzas que se desarrollan entre los nucleones y que son muy intensas, pero que sólo tienen lugar a corta distancia en comparación con las dimensiones de los

propios nucleones. Son estas fuerzas las que dan estabilidad a todo el núcleo (izquierda, dibujo central), que a la vez tiene tendencia a explotar a causa de las fuerzas de repulsión electrostática. Dado que el núcleo tiene tantas cargas positivas como protones contiene, de esta carga depende el número de electrones del átomo (izquierda, dibujo inferior). Abajo, expulsión de un neutrón, partícula que es inestable en estado libre. Un núcleo con exceso de neutrones tenderá a recobrar su estabilidad y equilibrio cediendo uno o más de los excedentes.







den su núcleo en otros dos de dimensiones aproximadamente iguales. Si el proceso tiene lugar en condiciones rigurosamente controladas, estos isótopos pueden emplearse como fuente de energía, ya que en la fisión se libera siempre una cantidad importante de ésta.

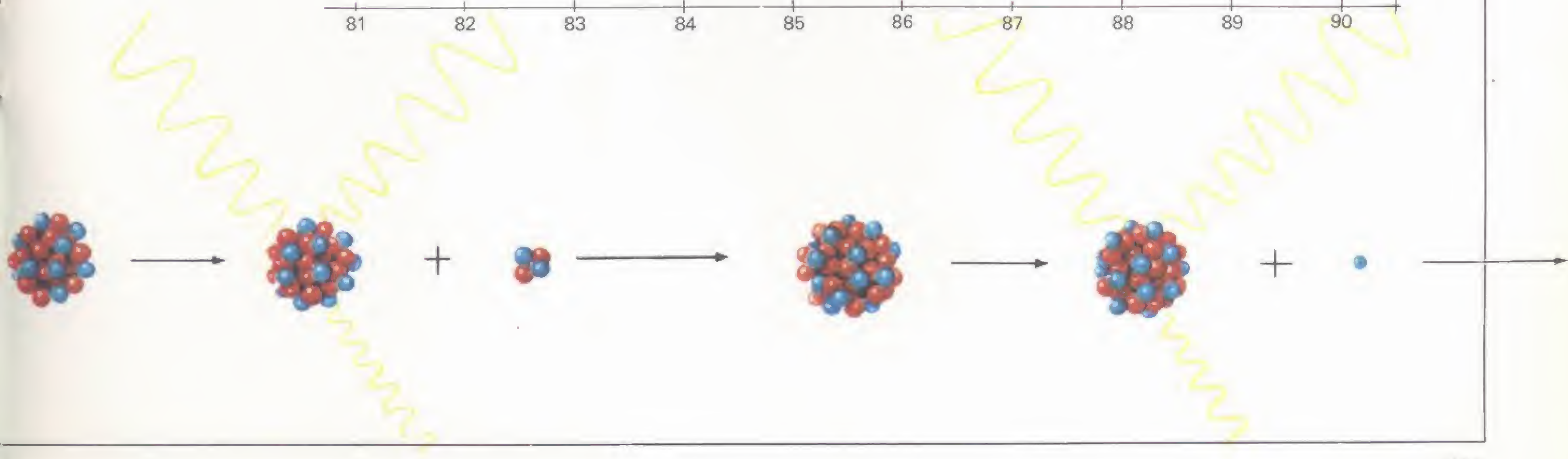
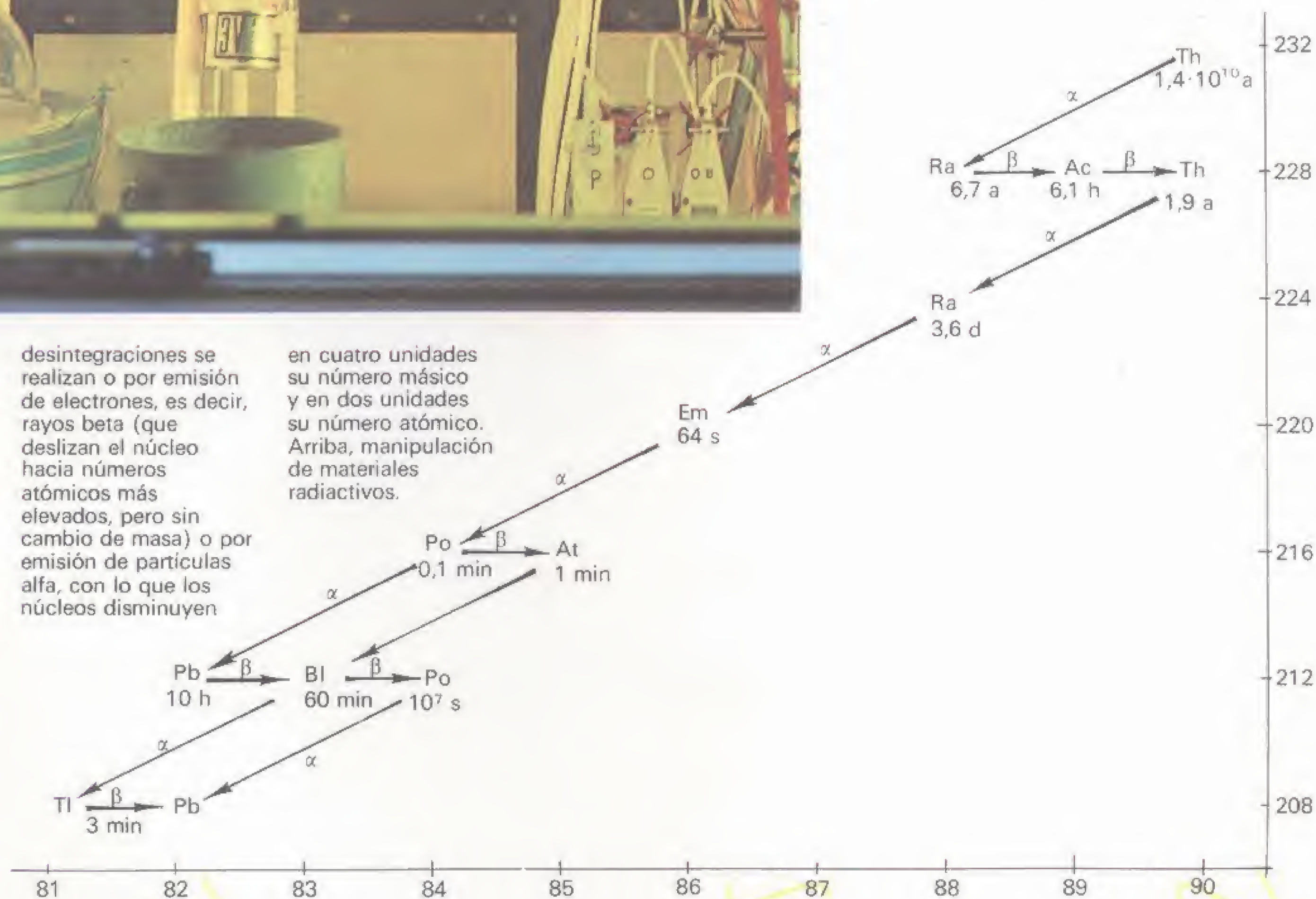
Dos de los combustibles fisionables más normalmente utilizados son el uranio 235 y el plutonio 239; otro es el uranio 233. Como fuente de energía, la potencialidad que ofrece el torio 232 requiere su conversión en uranio 233, lo que se lleva a cabo en reactores especiales llamados *breeders* y aunque hasta ahora el uranio y el plutonio constituyen las dos fuentes más utilizadas de energía atómica, el torio, mucho más abundante que, por ejemplo, el uranio en la corteza terrestre, está siendo cada vez más experimentado en el campo de la energía nuclear, precisamente por su mayor abundancia.

Véase Fisión nuclear; Plutonio; Radiactividad; Radioisótopos; Tabla periódica de elementos; Uranio

A la derecha, esquema de la familia radiactiva del torio 232, que es el que se encuentra en la Naturaleza. Con su lento ritmo de desintegración, aproximadamente catorce mil millones de años para cada semidesintegración, el torio da lugar a una cascada de sustancias radiactivas, que termina en el plomo, de número másico 208, un metal estable. Es preciso resaltar que todas las

desintegraciones se realizan o por emisión de electrones, es decir, rayos beta (que deslizan el núcleo hacia números atómicos más elevados, pero sin cambio de masa) o por emisión de partículas alfa, con lo que los núcleos disminuyen

en cuatro unidades su número másico y en dos unidades su número atómico. Arriba, manipulación de materiales radiactivos.





# Tormenta

**E**l fulgurante resplandor de los relámpagos o el estampido ensordecedor de los truenos que acompañan a las tormentas han sido desde siempre motivo de temor para un ser humano asustado e impotente ante la grandiosidad de las fuerzas de la Naturaleza. En la antigüedad, las tormentas eran consideradas como presagios o manifestaciones de origen sobrenatural y aunque la ciencia actual entiende sus mecanismos de formación y ha desarrollado sistemas de protección ante su acción, no dejan por ello de producir todavía cierto temor justificado.

**Nubes de tormenta** Los cumulonimbos son nubes grises en forma de torre, con los bordes brillantes y bien definidos, que anuncian y caracterizan la presencia de las tormentas; pueden llegar a alcanzar los 12 km de altura y a medida que se desarrollan, sus capas superiores adquieren un aspecto similar al de los blancos lóbulos de una coliflor. Las capas inferiores son, por el contrario, muy oscuras ya que casi toda la luz solar es absorbida por la gran cantidad de agua que contienen. En los estadios finales de su evolución, los cumulonimbos se expanden en su cima, asumiendo la forma de un yunque.

Este tipo de formaciones nubosas se crea cuando una corriente de aire calien-

da hasta que el tamaño de las gotas es tal que el viento ascensional no es suficientemente fuerte como para vencer su peso, momento en que comienzan a caer. La gran cantidad de agua que pueden contener las nubes de este tipo, unido al rápido crecimiento de las gotas, hace que los cumulonimbos den lugar frecuentemente a lluvias torrenciales que pueden provocar inundaciones catastróficas.

Las tormentas suelen estar acompañadas por un intenso aparato eléctrico y truenos. Los rayos son altamente peligrosos, ya que pueden causar la muerte de personas (una por millón) y provocar incendios forestales de difícil extinción. El principal peligro de las tormentas es, sin embargo, la posibilidad de que las precipitaciones se produzcan en forma de granizo, con consecuencias desastrosas para las cosechas ya que pueden provocar daños incalculables en cuestión de minutos.

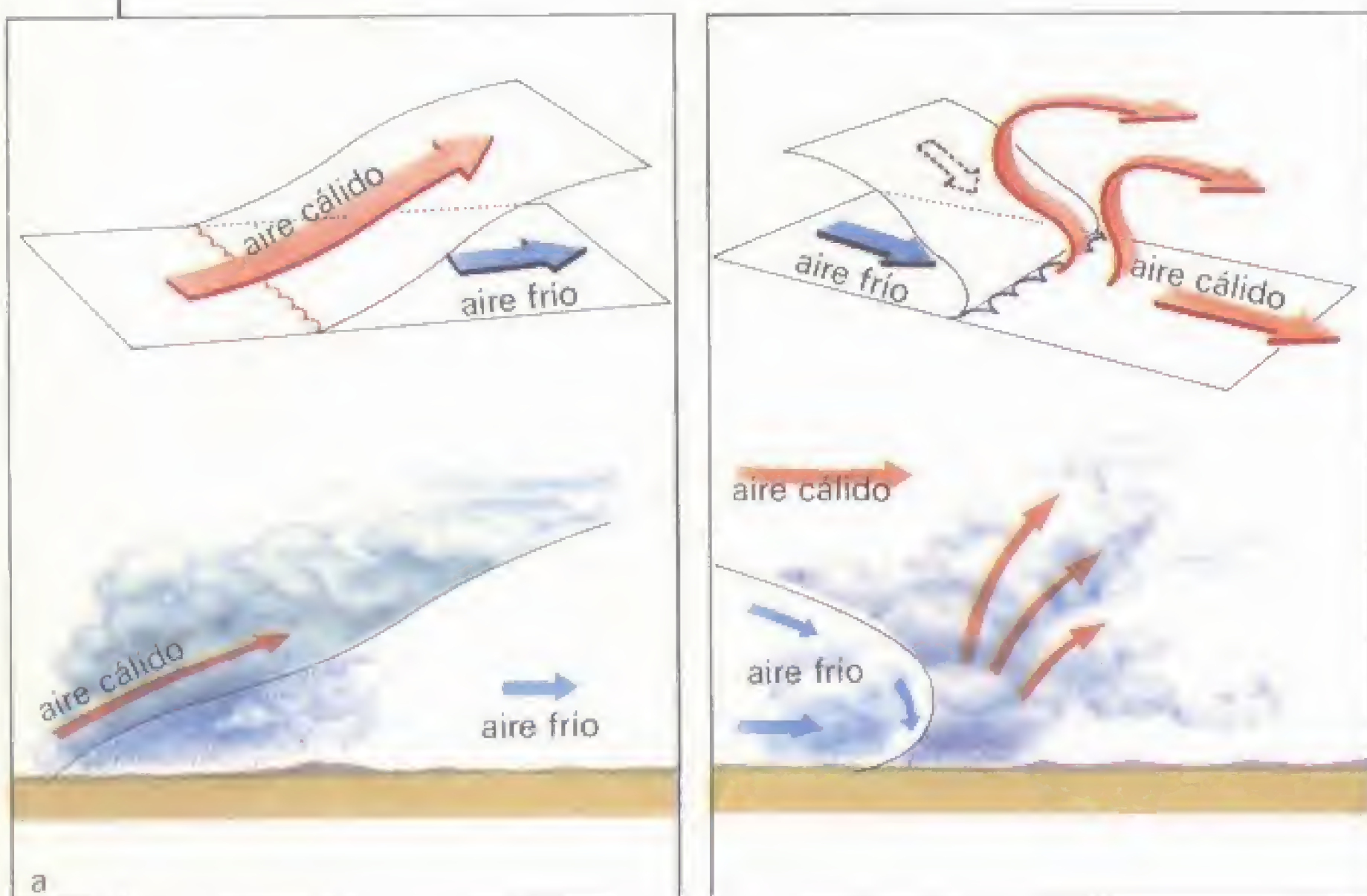
**Los rayos** Es un fenómeno estrechamente relacionado con las tormentas aunque, paradójicamente, en su génesis no influye la humedad.

La atmósfera es un campo eléctrico poblado de iones que se mueven con libertad, distribuyéndose los negativos en la superficie de tierra y mares; según se asiente, aumenta el número de iones posi-

tivos hasta hacerse dominante. Como consecuencia de esta polaridad existe, normalmente, un flujo constante de iones en ambos sentidos, que estabiliza el gradiente de potencial eléctrico en aproximadamente 120 voltios por metro.

Sin embargo, en la nube de tormenta, las pequeñas gotas formadas en las capas bajas capturan los iones negativos, mientras que los cristales de hielo de las capas altas de la nube adquieren cargas positivas. Las violentas corrientes que se generan en el interior de la nube hacen que, en muy poco tiempo, todos los iones hayan sido capturados por gotas o cristales.

La ausencia de iones libres hace que el gradiente de potencial aumente vertiginosamente, hasta valores de incluso 100.000 voltios por metro, pudiendo crearse en pocos minutos diferencias de potencial de varios millones de voltios entre la base del cumulonimbo y la superficie terrestre. En esta situación, con una enorme concentración de cargas negativas o electrones en la base de la nube y con las capas altas y el suelo cargados positivamente, se produce el rayo, descargando los electrones a tierra —o hacia otra parte de la nube—, liberando una tremenda cantidad de energía en forma de luz y calor, que sigue una trayectoria, por lo general, quebrada y ramificada.

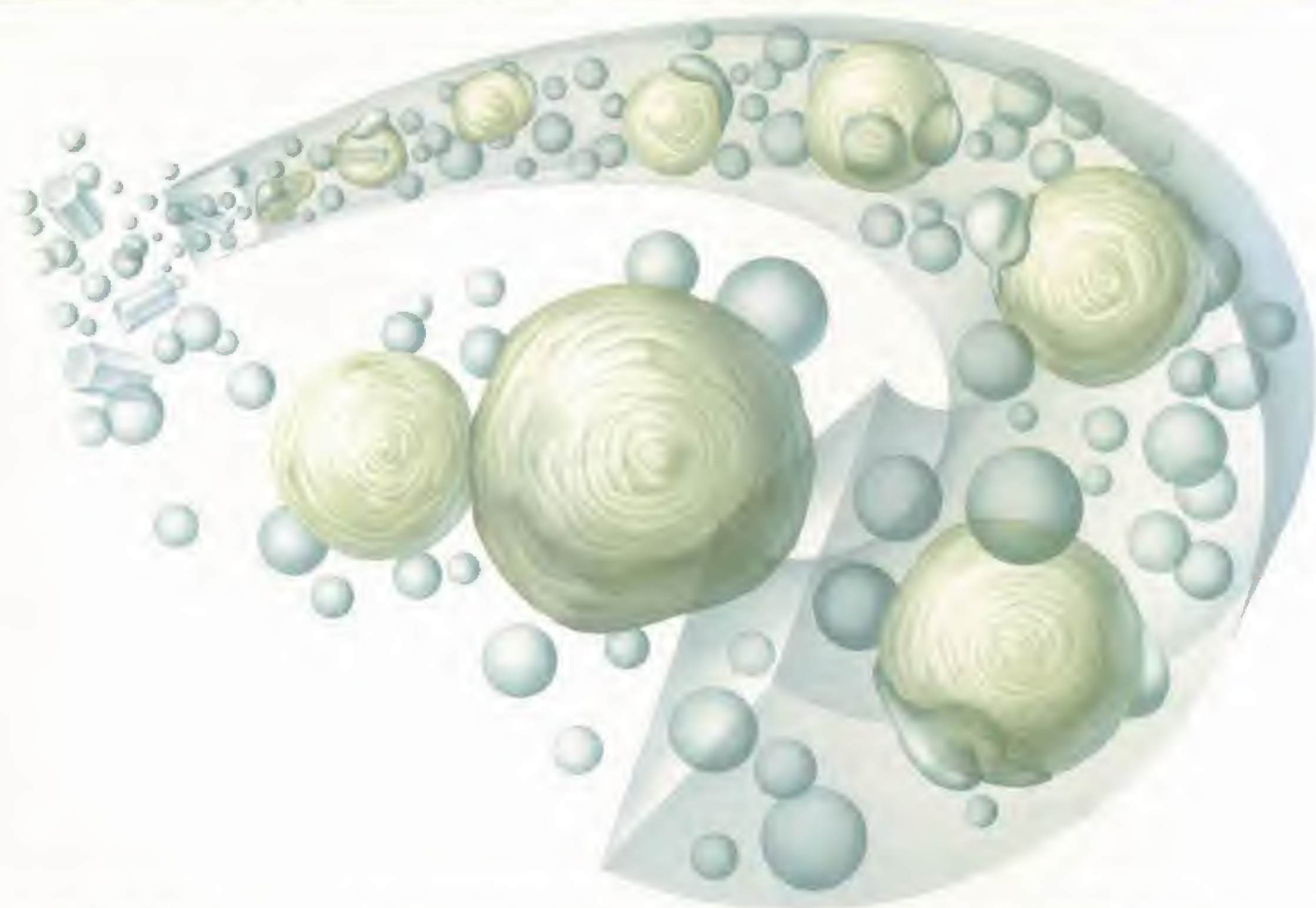


te y húmedo, más ligero que el aire frío de alrededor, adquiere un movimiento ascensional. Si el calentamiento del suelo es muy fuerte, la corriente ascensional es muy intensa y el aire en su elevación se expande y se enfría muy rápidamente. De esta forma, el vapor de agua que transporta se condensa en pequeñas gotas, que van formando la masa nubosa. Dependiendo del aumento de temperatura, en la nube se formará agua líquida, que precipitará en forma de lluvia, o pequeños cristales de hielo, que lo harán en forma de granizo. En ambos casos tiene lugar una etapa de crecimiento de las gotas en el interior de la nube; las gotas son empujadas ascendentemente por el aire, y en su recorrido van aumentando de tamaño a expensas de las pequeñas gotitas que encuentran en su camino. Esta situación se

Cuando una masa de aire avanza en forma de frente cálido sobre una masa de aire más frío se produce una suave elevación del aire cálido y húmedo hasta alcanzarse la saturación del vapor de agua que contiene y su condensación (a). Cuando, por el contrario, una masa de aire frío avanza contra una de aire cálido (frente frío) (b), la primera se introduce en forma de cuña por debajo de la segunda, dando lugar a precipitaciones, en general, menos intensas que en el caso del frente cálido.







Sobre estas líneas, una piedra de granizo formada por estratos concéntricos de hielo que se han originado por la sucesiva solidificación de gotas de agua. Si el bloque de granizo se forma

como consecuencia de una congelación muy rápida, con el consiguiente englobamiento de minúsculas bolsas de aire en el interior, su aspecto es blanquecino; si, en

cambio, el proceso de formación es más lento y gradual, a temperaturas menos bajas, el aire no queda encerrado en su interior y la solidificación tiene lugar de forma

cristalina. En la fotografía inferior se pueden comparar las dimensiones de algunas piedras de granizo con las dimensiones de dos pelotas, una de tenis y otra de golf.

No siempre el rayo se dirige al suelo, ya que es muchísimo más frecuente que la descarga se produzca entre nubes o dentro de la misma nube. En estos casos, desde la tierra sólo se observa un fuerte resplandor que surge de la parte superior de la nube y que permite resaltar sus bordes sobre la oscuridad de la noche.

Los truenos constituyen la manifestación sonora de los rayos. Las ondas de compresión que se producen en el aire son resultado de las elevadas temperaturas que alcanza el aire en la proximidad del punto donde se produce la descarga, que llegan a ser de 17.000 °C. Un calentamiento muy fuerte y repentino provoca una brusca expansión del aire, dando lugar a ondas sonoras de gran intensidad, que se desplazan a la velocidad del sonido, 340 m/s, por lo que el observador lo recibe con un retraso respecto al rayo de luz, cuya propagación es prácticamente instantánea (300.000 km/s). Este desfase permite calcular, aproximadamente, la distancia a la que se encuentra la tormenta, ya que el sonido se desplaza a una velocidad de 340 m/s.

Mientras que en las latitudes medias las tormentas, y por tanto los rayos, son poco frecuentes, produciéndose normalmente en verano, en situaciones de inestabilidad y fuerte calentamiento, en el cinturón de



convergencia intertropical, en la franja alrededor del ecuador, tienen lugar prácticamente a diario.

Se estima en cerca de 2.000 el número de tormentas con aparato eléctrico que en cada momento están teniendo lugar sobre la superficie del planeta.

Desde hace algunos años se trabaja en proyectos para el aprovechamiento industrial de la tremenda energía eléctrica liberada por este tipo de fenómeno atmosférico, sobre todo en aquellas áreas de fuerte actividad tormentosa. En la actualidad no se han conseguido aún resultados prácticos, pero el reto de esa energía limpia y encuadrada dentro del esfuerzo humano por el control y utilización de las fuerzas de la Naturaleza sigue en pie.

Véase Electricidad; Ion; Nube y atlas de nubes; Rayos y pararrayos



# Tornado

**M**ientras que la noticia referente al paso de un ciclón por un determinado punto del planeta se difunde rápidamente a los medios de comunicación de todos los países, por lo general debido a la extensión de la zona afectada, esos mismos medios rara vez se hacen eco del devastador rastro dejado por un tornado a su paso por una pequeña localidad; sin embargo, se puede decir que la destructiva energía que los tornados liberan —y que concentran sobre una pequeña extensión de terreno— no tiene comparación con ninguna otra tempestad atmosférica.

El tornado es, al igual que el ciclón, una masa de aire inestable que gira vertiginosamente en una espiral ascendente alrededor de un centro, que registra los valores de presión atmosférica más bajos que se conocen; pero aquí terminan sus semejanzas, ya que tanto la zona donde se originan como su duración y su área de influencia son completamente distintas. Así, la vida media de un tornado es ligeramente superior a una hora y su tamaño raramente excederá el medio kilómetro de diámetro; muchos incluso no superan los 50 m. Sin embargo, la velocidad del viento puede llegar a ser de más de 400 km/h, lo que hace que el grado de destrucción dejado tras de su estrecha senda sea muy superior al de un ciclón.

Un tornado presenta, además, dos peligros adicionales: la existencia de fuertes corrientes ascendentes que son capaces de levantar del suelo personas, ganado, coches y hasta camiones y vagones de ferrocarril, y el rápido descenso de la presión al aproximarse a la zona afectada, que disminuye tan violentamente que con frecuencia hace estallar, como si de una

bomba se tratase, las casas y edificios cerrados.

**Condiciones para su formación** Las fuertes corrientes ascendentes que dan origen a un tornado se crean en circunstancias de alta inestabilidad atmosférica, que suelen tener lugar cuando una capa de aire caliente y húmedo tiene sobre sí otra de aire frío y seco. Esta situación es muy improbable en la mayor parte del mundo, pero se da con relativa frecuencia en algunas zonas a consecuencia de su especial configuración geográfica. Este es el caso de la zona central de Norteamérica, donde la barrera montañosa de las Montañas Rocosas permite que masas de aire caliente y húmedo procedentes del Golfo de México fluyan hacia el norte, mientras que por encima de las montañas pasan los vientos dominantes del oeste, que son fríos y secos.

El aspecto de un tornado realza su carácter siniestro, al presentarse como un oscuro y gigantesco cono invertido suspendido de una negra masa de nubes. Su terrorífico vértice se desplaza a modo de látigo a ras del suelo, perdiendo a veces el contacto con él para volver a recuperarlo a metros o kilómetros de distancia, destruyendo y succionando en su camino todo obstáculo que encuentra.

La mayor parte de las misteriosas lluvias de pequeños animales que se han producido a lo largo de la historia de la Humanidad, tienen su origen en la succión de éstos por un tornado y su posterior descenso entre fuertes corrientes ascendentes de aire.

El alto coste en vidas humanas y las cuantiosas pérdidas materiales que ocasionan cada año los aproximadamente setecientos tornados que asolan Estados Unidos, han propiciado la existencia en este país de una importante y sofisticada red de seguimiento por radar, que permite la constante observación de las condi-

ciones meteorológicas que favorecen su formación y desarrollo.

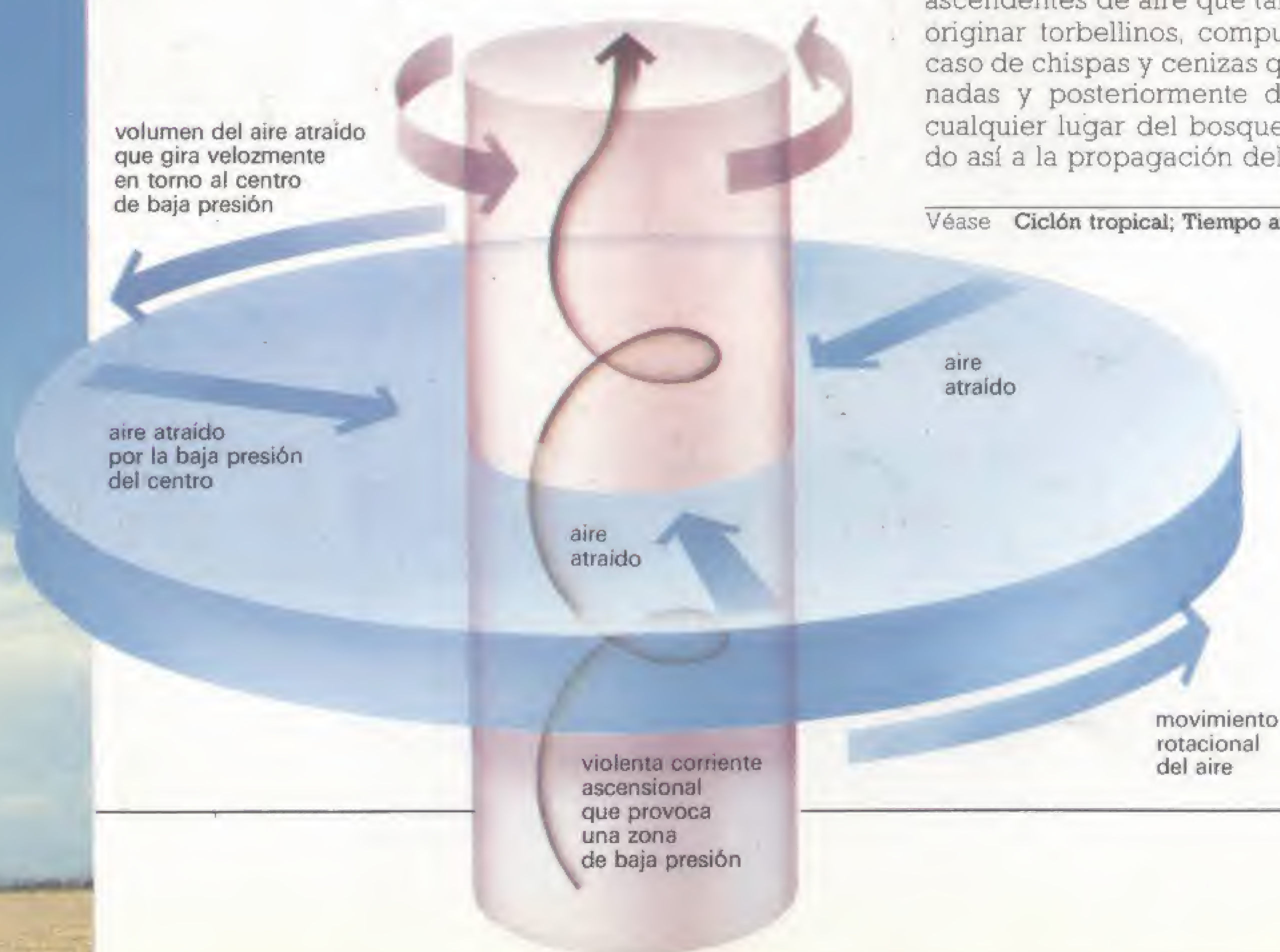
**Tromba marina** La tromba se forma en condiciones tan similares a un tornado, que bien puede decirse que es su réplica marina. Son frecuentes en otoño y finales del verano, cuando la superficie caliente del mar aporta humedad suficiente para aumentar la inestabilidad del aire. Al igual que el tornado, la tromba aparece como un gigantesco embudo que cuelga de una nube de tormenta hasta tocar la superficie del mar, momento en el que grandes cantidades de agua succionadas violentamente ascienden alrededor de su tubo central, que se desplaza horizontalmente con una velocidad de cinco a diez metros por segundo; mientras, su columna se inclina en todas direcciones con un movimiento serpenteante que aumenta de amplitud según disminuye la energía de la tromba, hasta terminar en una lluvia torrencial causada por la caída del agua que no ha podido alcanzar las alturas.

Sus reducidas dimensiones, que no suelen sobrepasar un metro de diámetro, y su corta duración, nunca superior a unos minutos, hacen que desde tierra firme se conviertan en motivo de expectación más que de terror.

**Torbellinos de arena** Los torbellinos son, en general, mucho menos violentos que los tornados y suelen producirse en los días calurosos sobre terrenos secos, debido a las corrientes de convección que se desarrollan por el intenso calentamiento del suelo. Estos succionan polvo y hierbas secas, que giran vertiginosamente adoptando la forma de un cono apoyado en el suelo y que puede alcanzar una altura de uno a cien metros, aunque en casos muy especiales han llegado a alturas superiores al kilómetro.

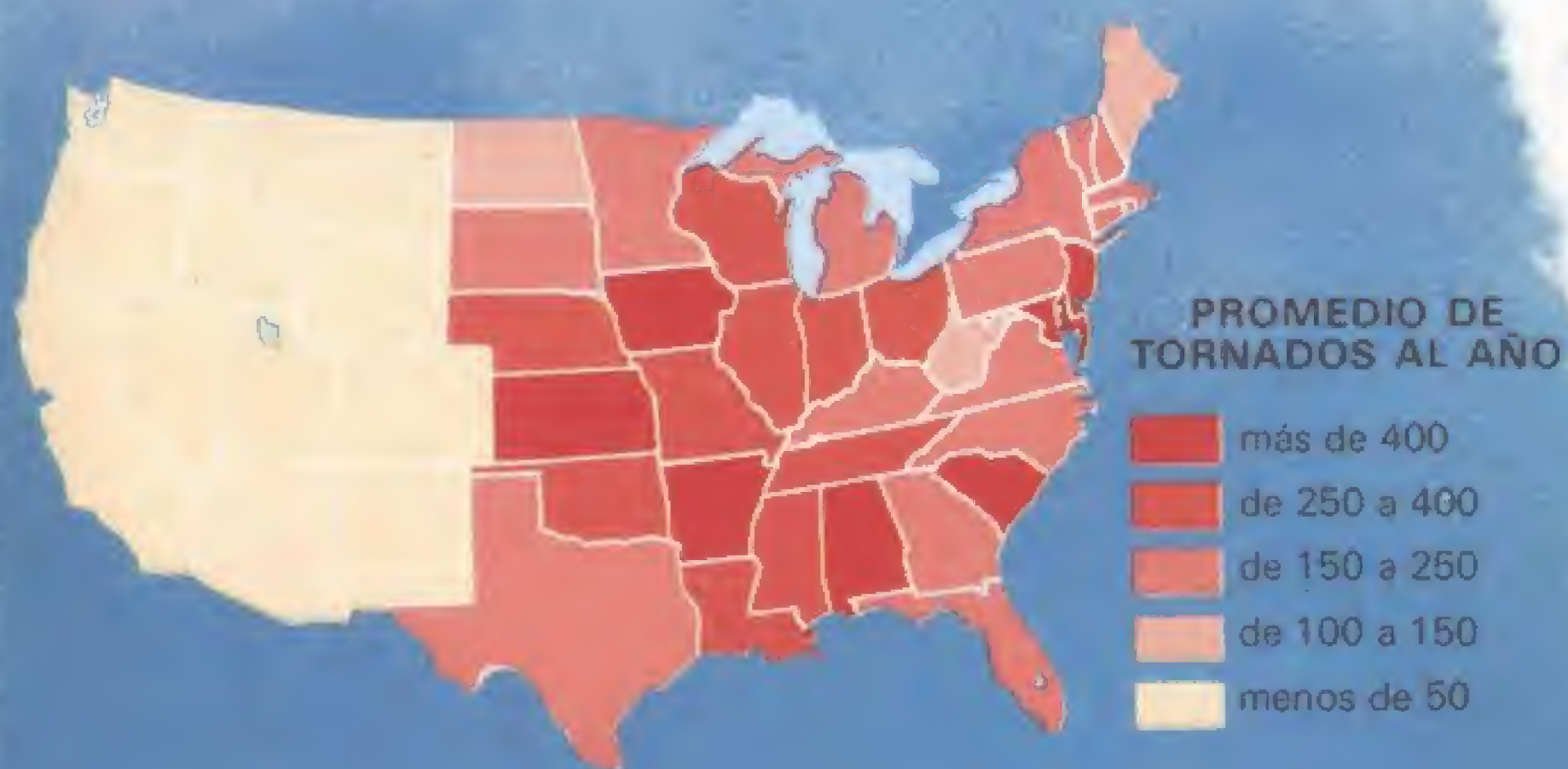
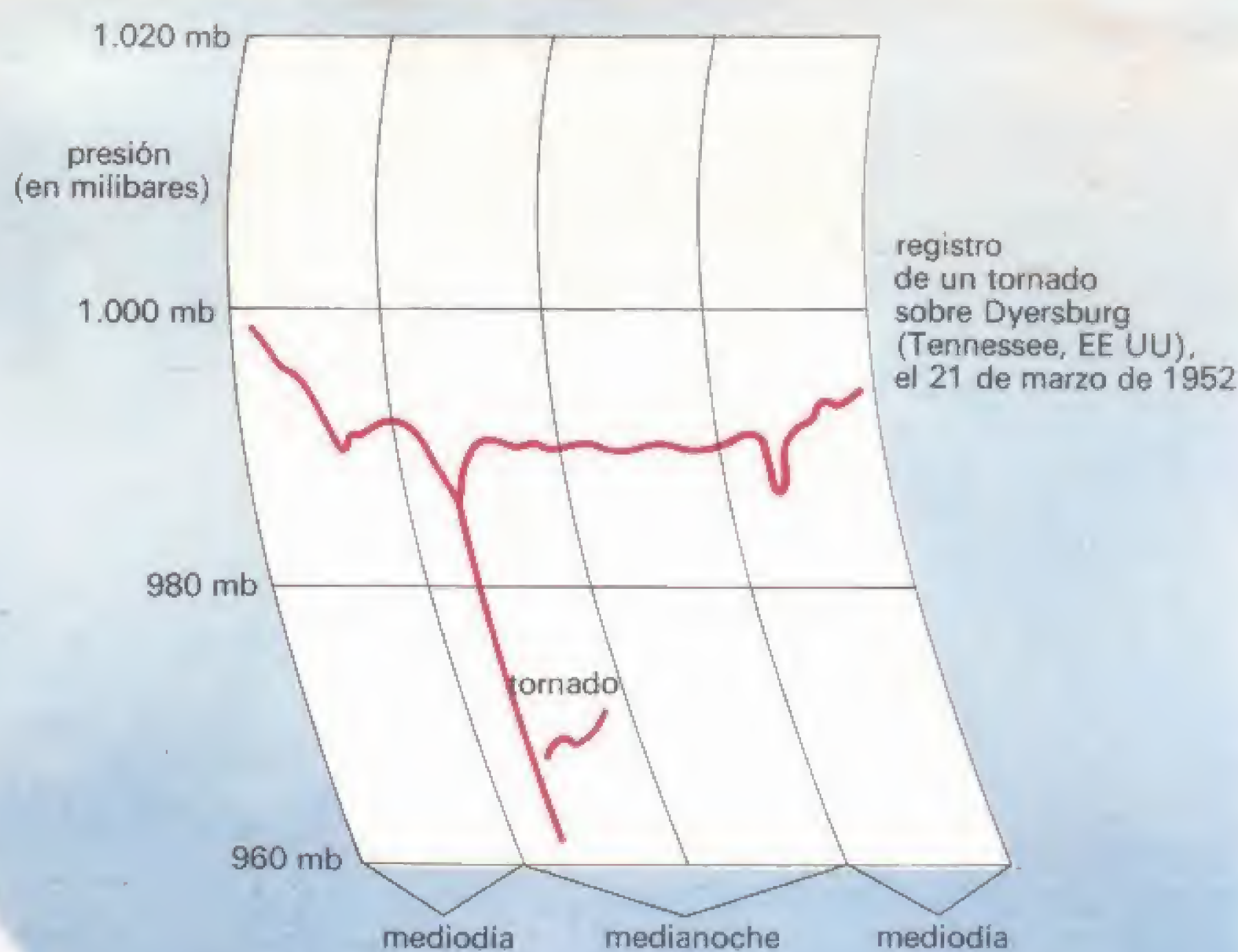
Durante los incendios forestales, el calor generado produce fuertes corrientes ascendentes de aire que también pueden originar torbellinos, compuestos en este caso de chispas y cenizas que son succionadas y posteriormente depositadas en cualquier lugar del bosque, contribuyendo así a la propagación del fuego.

Véase **Ciclón tropical; Tiempo atmosférico**





El esquema de la página anterior, abajo, muestra los movimientos de aire que intervienen en la formación de un tornado. Las violentas corrientes ascendentes, originadas por una alta inestabilidad atmosférica y por el fuerte calentamiento diurno del suelo, originan una zona de muy baja presión que atrae el aire de las proximidades, forzándolo a subir. Este aire (disco grande) tiene una baja velocidad de rotación, originada por el movimiento de rotación de la Tierra (aceleración de Coriolis), que, al converger en el centro de baja presión, aumenta (como le sucede al bailarín y al patinador que giran sobre las puntas e incorporan los brazos al movimiento). A la izquierda, torbellino de arena. En esta página, tromba de agua; en el ángulo superior derecho de la imagen, evolución de la presión atmosférica registrada al paso de un tornado. Bajo estas líneas, mapa de incidencia de los tornados en Estados Unidos.





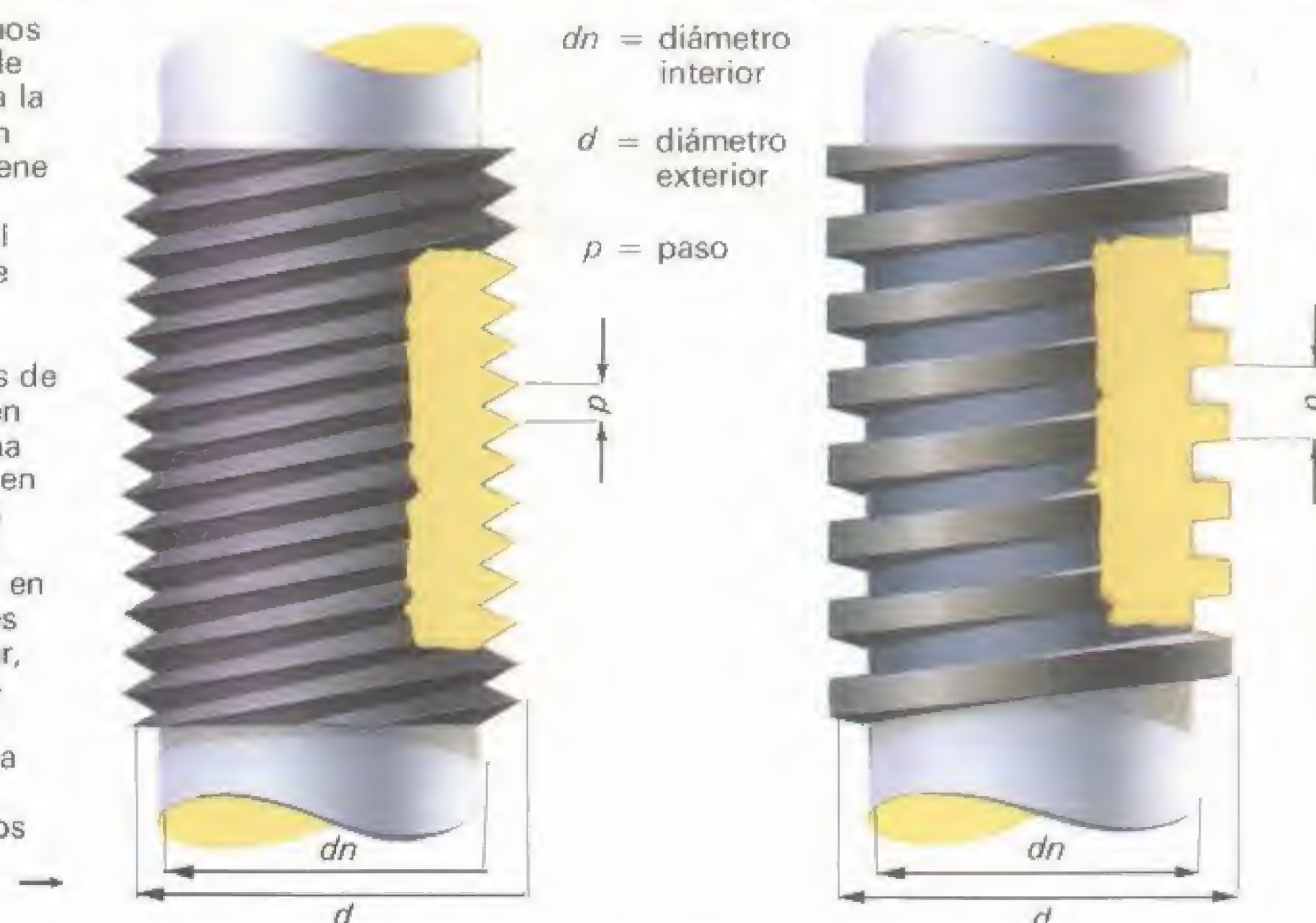
# Tornillos y roscas

Es de sentido común que un tornillo puede aguantar un esfuerzo mayor que un clavo, ya que dispone de una rosca (un acanalado helicoidal practicado alrededor de su cuerpo) que resiste mejor a los esfuerzos de tracción entre dos piezas unidas que la superficie lisa y resbaladiza de un clavo. Otra ventaja del tornillo respecto al clavo consiste en que es de uso reversible, es decir, que resulta posible, mediante un destornillador o una llave inglesa, extraerlo sin estropearlo ni deteriorar la pieza a la cual ha sido atornillado. Un tornillo es un dispositivo cilíndrico metálico de fijación, dotado de un surco en forma de espiral (la "rosca") que, mediante una fuerza de torsión, puede ser introducido en un taladro (generalmente también roscado) practicado en una pieza de madera, una chapa metálica o la pieza de una máquina. Además de la zona cilíndrica roscada, posee una cabeza que puede llevar una ranura o cavidad en cruz para un destornillador normal o de estrella, respectivamente, aunque también puede ser cuadrada o hexagonal para poder se apretada con una llave plana.

**Tipos de rosca** Los distintos tipos de rosca hacen que cada tornillo tenga una aplicación específica y diferente. Por ejemplo, la rosca fina es apropiada para ser utilizada en los automóviles u otro tipo de vehículos, ya que resiste muy bien las fuertes vibraciones y esfuerzos sin aflojarse. Las roscas extrafinas son ideales para materiales de poco espesor y son, por tanto, utilizadas en la construcción de aviones y vehículos espaciales ligeros. La rosca puede ser exterior, como la de los tornillos, o bien interior, cuando está practicada en las paredes internas de un taladro; la primera es llamada también *rosca macho* y la segunda *rosca hembra*. Estos dos tipos de roscas se utilizan acoplándose una a la otra para unir todo tipo de piezas, como, por ejemplo, las tuberías.

Hasta mediados del siglo XIX no existía una tornillería normalizada, en lo que a la

A la derecha podemos observar una serie de tornillos con rosca a la derecha, es decir, en los que el avance tiene lugar en sentido horario. La rosca del primer ejemplo tiene sección triangular simétrica; en el segundo, la rosca es de sección cuadrada; en el tercero tiene forma de diente de sierra; en el cuarto, la sección es trapezoidal; en el quinto es circular, y en el sexto y séptimo es de forma rectangular, aunque en el último caso, la rosca tiene dos principios (rosca sin fin). Abajo se observan cuatro tipos de tornillos



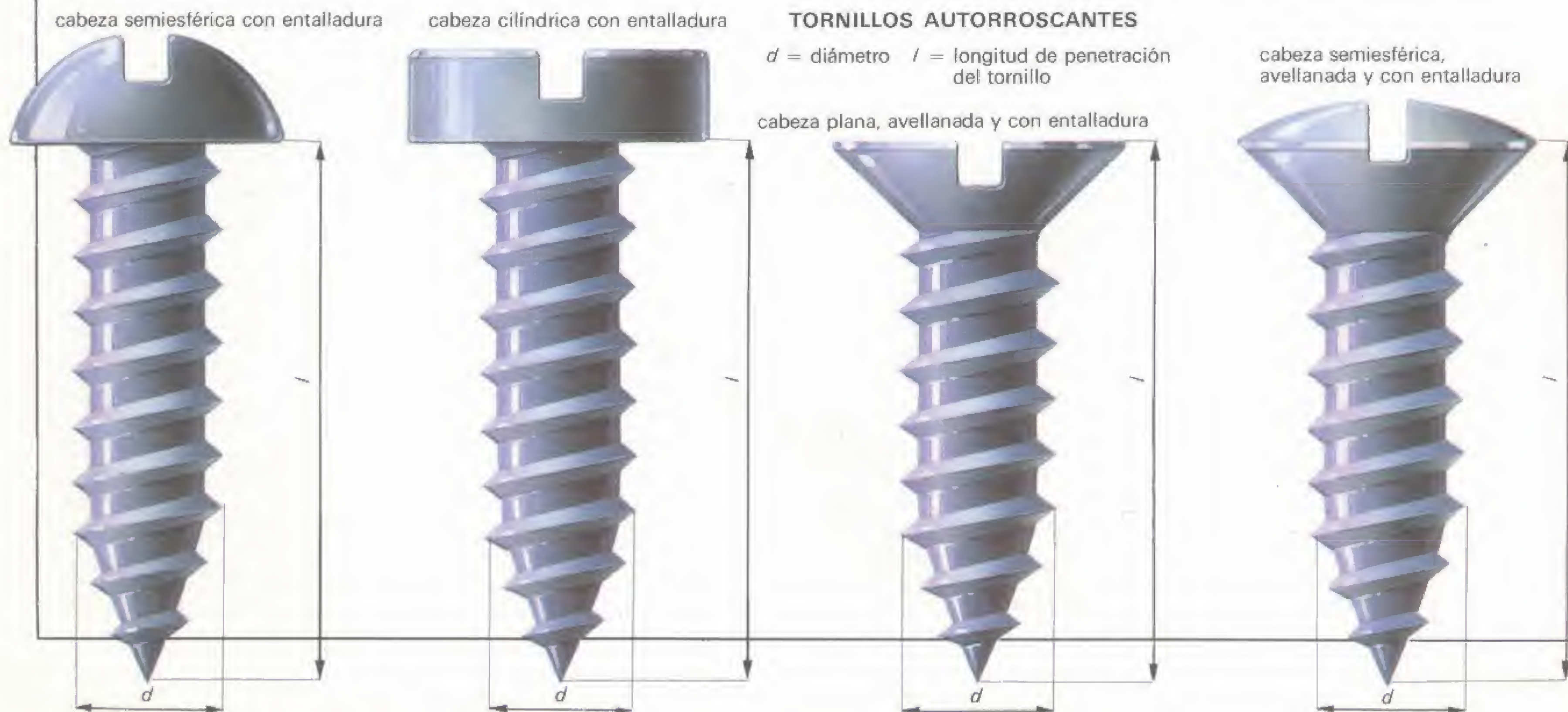
forma y tamaño de la rosca se refiere, y era siempre un problema adaptar el tornillo de un fabricante a la tuerca de otro. Por ello se decidió proceder a una estandarización, aunque al principio Canadá, Gran Bretaña y Estados Unidos no se pusieron de acuerdo. Por ello, la unificación no se produjo hasta el 18 de noviembre de 1948, cuando se firma en Washington la *Unified Thread Standard*. En casi toda Europa la tornillería fue normalizada según el Sistema Métrico, si bien hay excepciones. En España, la fabricación de tornillería está reglamentada por el UNE.

Para las chapas de metal o los materiales blandos (la madera por ejemplo), se utilizan generalmente tornillos "autorroscantes": el tornillo reproduce su rosca en el interior del material de la pieza en la cual se monta. Los tornillos para madera tienen forma y rosca cónica para evitar astillar el material en el cual son atornillados. Sin embargo, para tornillos de gran diámetro es necesario realizar un taladro previo que sirva de guía.

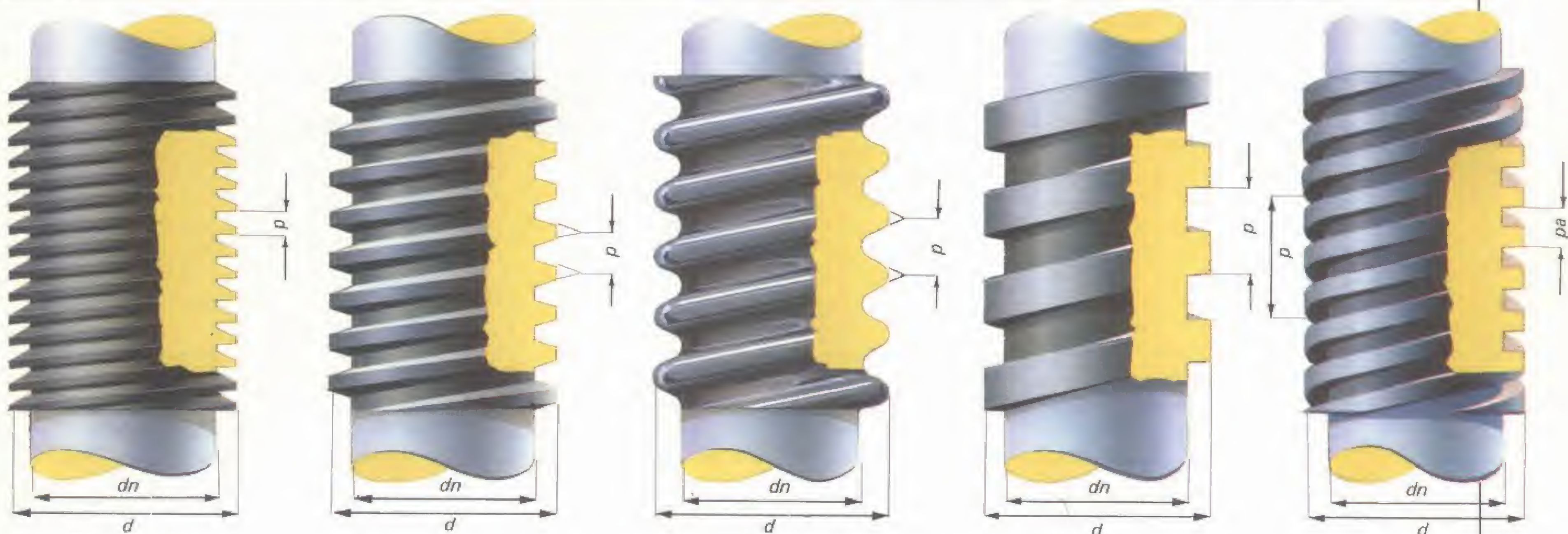
**Tipos de tornillos** Existen cinco tipos principales de tornillos o dispositivos de

sujeción roscados. Los *tornillos para uniones mecánicas*, contruidos en acero endurecido y utilizados para la unión de diferentes elementos de una máquina; los hay disponibles con distintas cabezas y vástagos, con el fin de poderse adaptar a los variados tipos de máquinas. Los *tornillos para madera*, como ya hemos dicho, son de forma cónica para no astillar esta última. El conjunto *tornillo-tuerca* se utiliza para fijar entre sí dos elementos. Los *espárragos* son tornillos sin cabeza y roscados en ambas extremidades; se emplean cuando resulta difícil alojar la cabeza. Estos están proyectados para que uno de sus extremos quede siempre fuertemente enroscado en una pieza fija mientras que el otro, mediante una tuerca desmontable, agarre firmemente la otra pieza. Los *tornillos parcialmente roscados* son los que poseen una zona completamente lisa cerca de la cabeza. Cuando tienen que unir dos piezas, pasan por un taladro liso de la primera y se atornillan en uno roscado practicado en la segunda.

Los elementos roscados son esenciales para hacer presión en las máquinas que producen piezas perfiladas por extrusión:





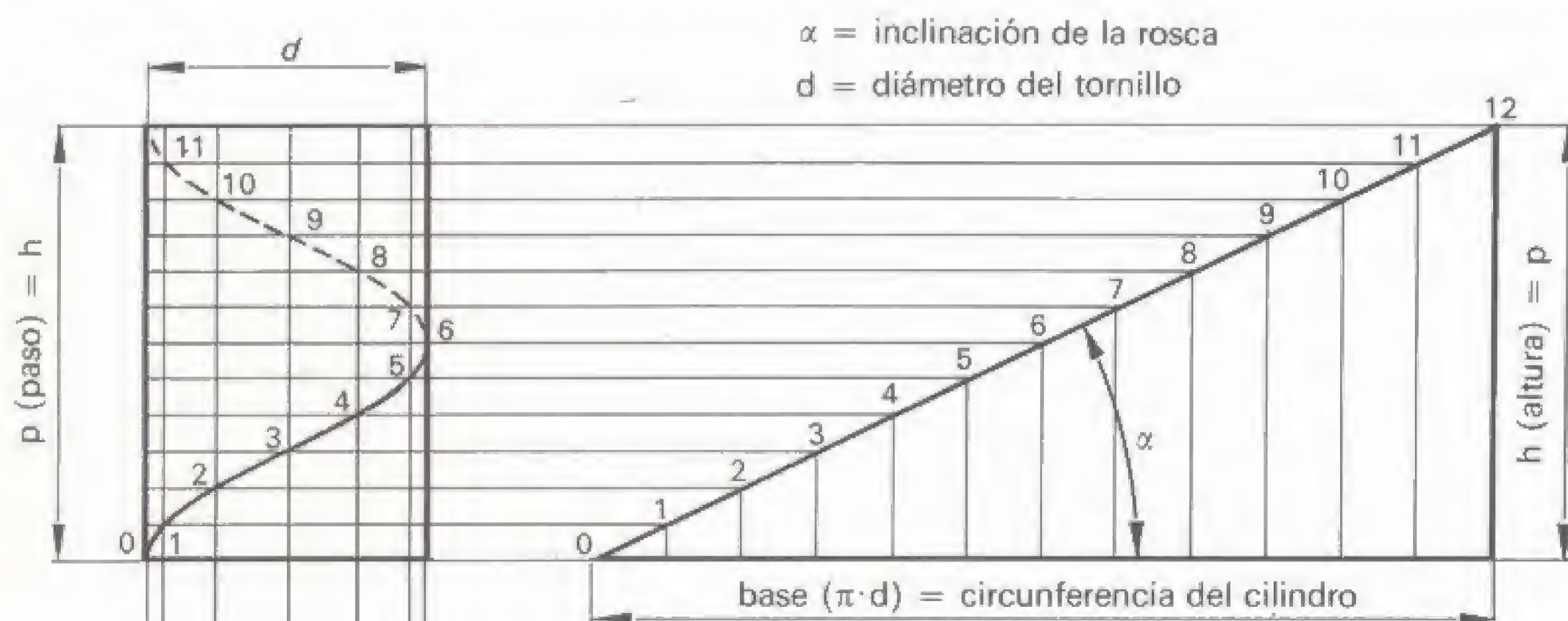


autorroscantes para metal, que introducidos con fuerza en el taladro de una

chapa metálica, no demasiado dura, imprimen su propio roscado en el taladro.

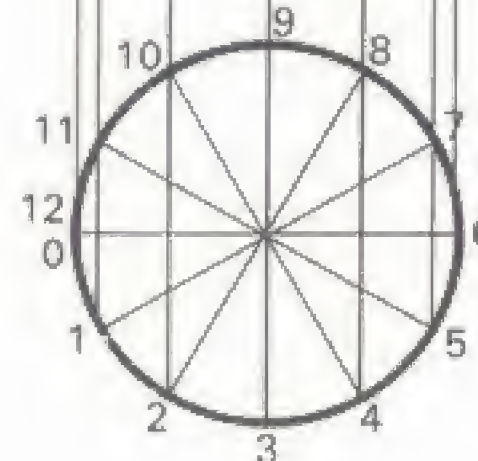
En esta página, abajo, varios elementos de tornillería. A la derecha

puede observarse una llave inglesa con un tornillo de regulación de rosca sin fin.



$\alpha$  = inclinación de la rosca

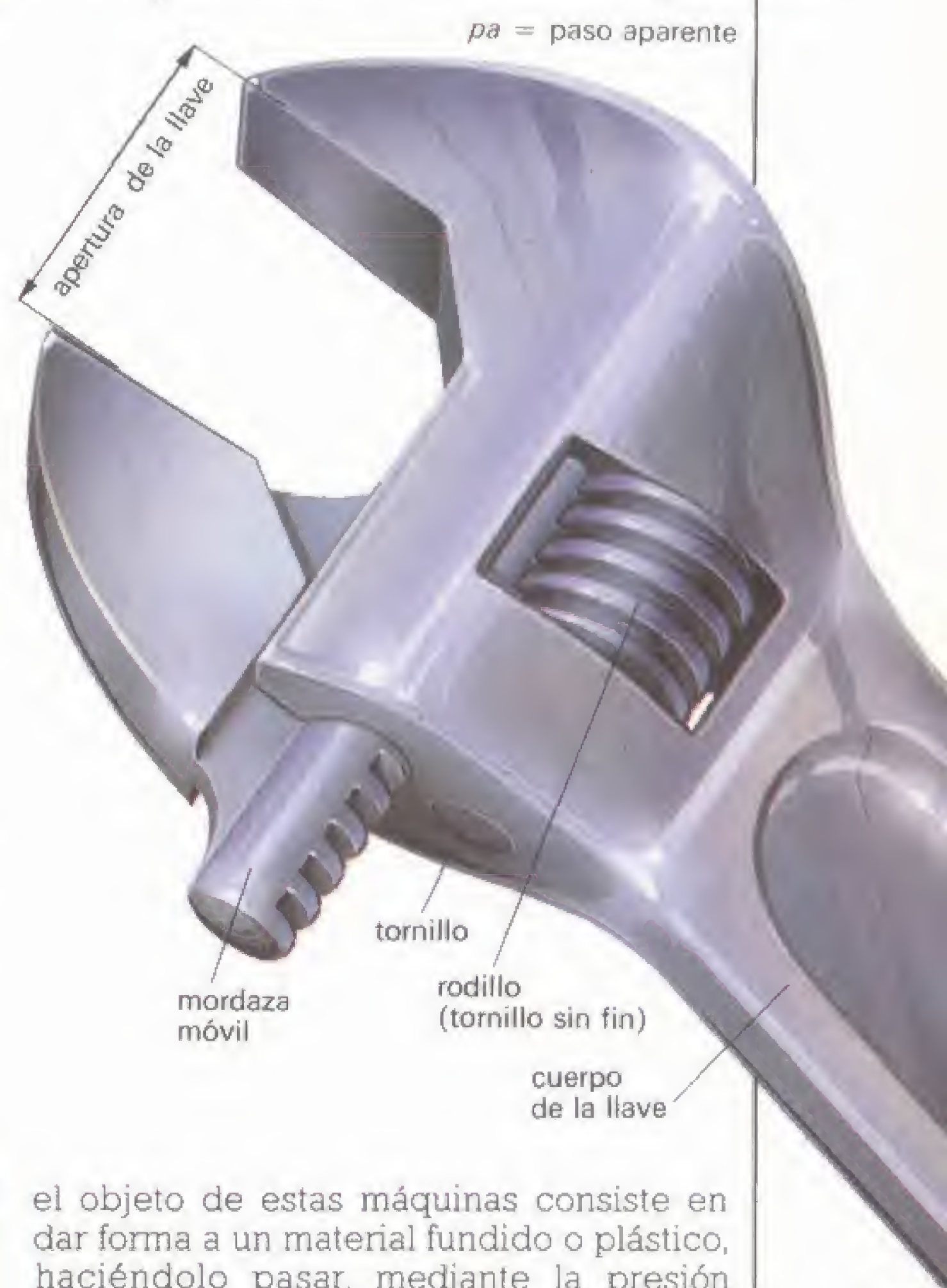
$d$  = diámetro del tornillo



Diseño de la rosca de un tornillo. El desarrollo en el espacio de la cresta de una rosca (o filete) corresponde a un segmento helicoidal cilíndrico. Se trata de una figura geométrica obtenida enrollando sobre un cilindro el

triángulo dibujado arriba. La base de este triángulo es igual a la circunferencia del cilindro, y la altura coincide con el "paso" de la rosca, es decir, el avance debido a una revolución completa. El ángulo formado por la hipotenusa y la base

determina la inclinación de la rosca. La proyección de la rosca sobre un plano paralelo al eje del tornillo da lugar a una senoide (véase el esquema, arriba a la izquierda). El paso es el periodo de la senoide.



$pa$  = paso aparente



el objeto de estas máquinas consiste en dar forma a un material fundido o plástico, haciéndolo pasar, mediante la presión producida por el avance de una barra rosca, a través de un orificio o matriz. También para levantar un objeto pesado, como, por ejemplo, un automóvil, se puede utilizar un gato de rosca, que a medida que gira se va elevando. Una de las aplicaciones más antiguas y útiles del principio de la rosca es la *espiral de Arquímedes*, llamada también *tornillo sin fin*. Suele estar instalada en el interior de un tubo que a su vez se introduce en el agua con una inclinación de alrededor de  $30^\circ$  con respecto a la superficie. Si con una manivela ponemos en rotación la pieza rosca, en el sentido de giro correcto, el agua ascenderá por el tubo, derramándose por el extremo superior de éste.

Véase **Turbina hidráulica**

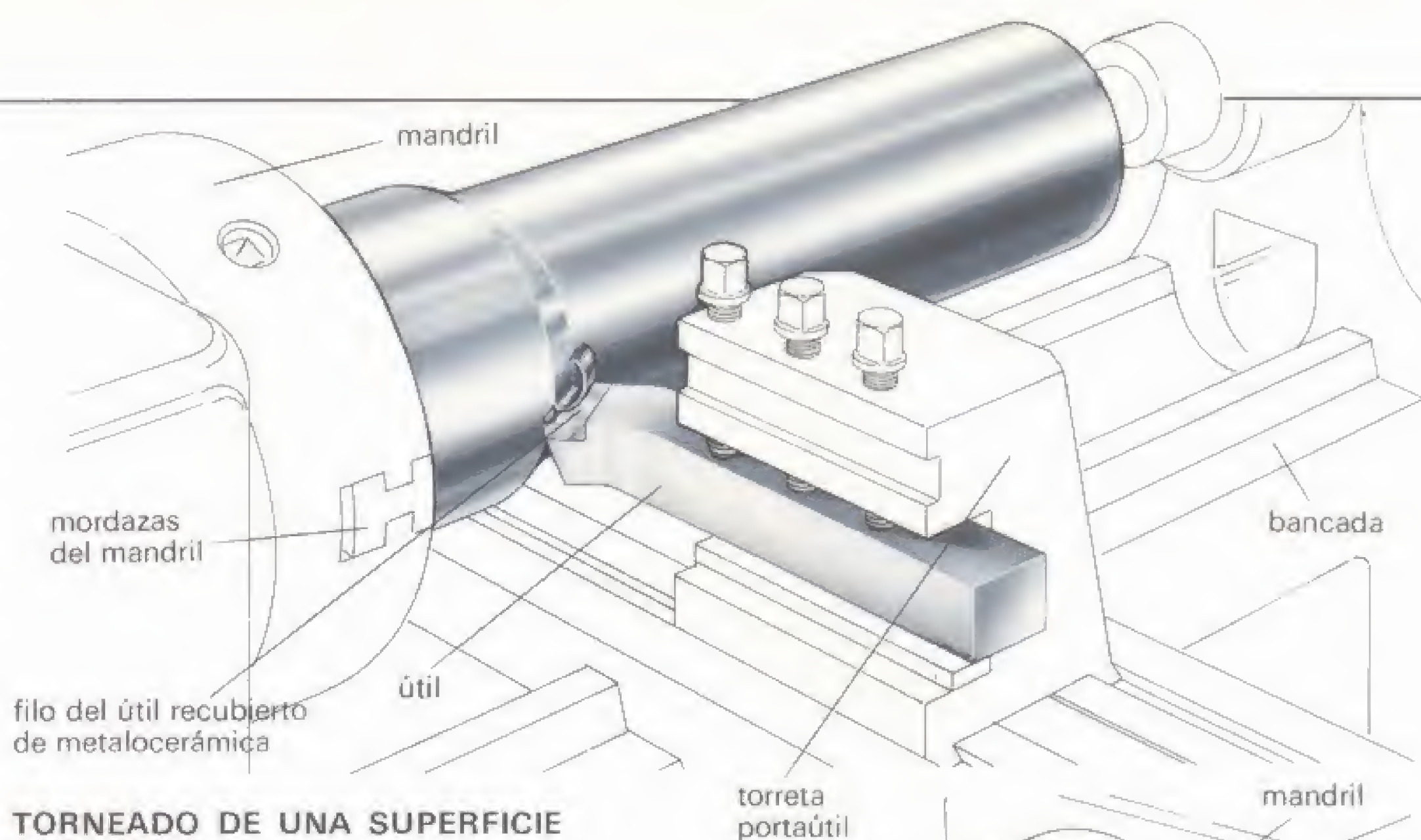


# Torno

**A**quel antepasado nuestro que por primera vez colocó un bloque de arcilla sobre un disco giratorio y lo modeló con los dedos y con la palma de la mano abrió el camino no sólo a la producción de vasijas a gran escala, sino también al desarrollo de una de las más importantes máquinas-herramienta. Los tornos operan haciendo girar la pieza a mecanizar, mientras que un útil de corte, con un único filo, es empujado contra su superficie, arrancando virutas de material de forma análoga a lo que sucede en el típico torno de alfarero, en el que se hace girar la arcilla mientras los dedos la modelan. Los tornos se utilizan para modelar superficies cónicas, cilíndricas y esféricas de diversos objetos, que van desde los balaustres de madera, hasta los fileteados de partes metálicas y los más variados elementos cilíndricos de precisión para aplicaciones industriales.

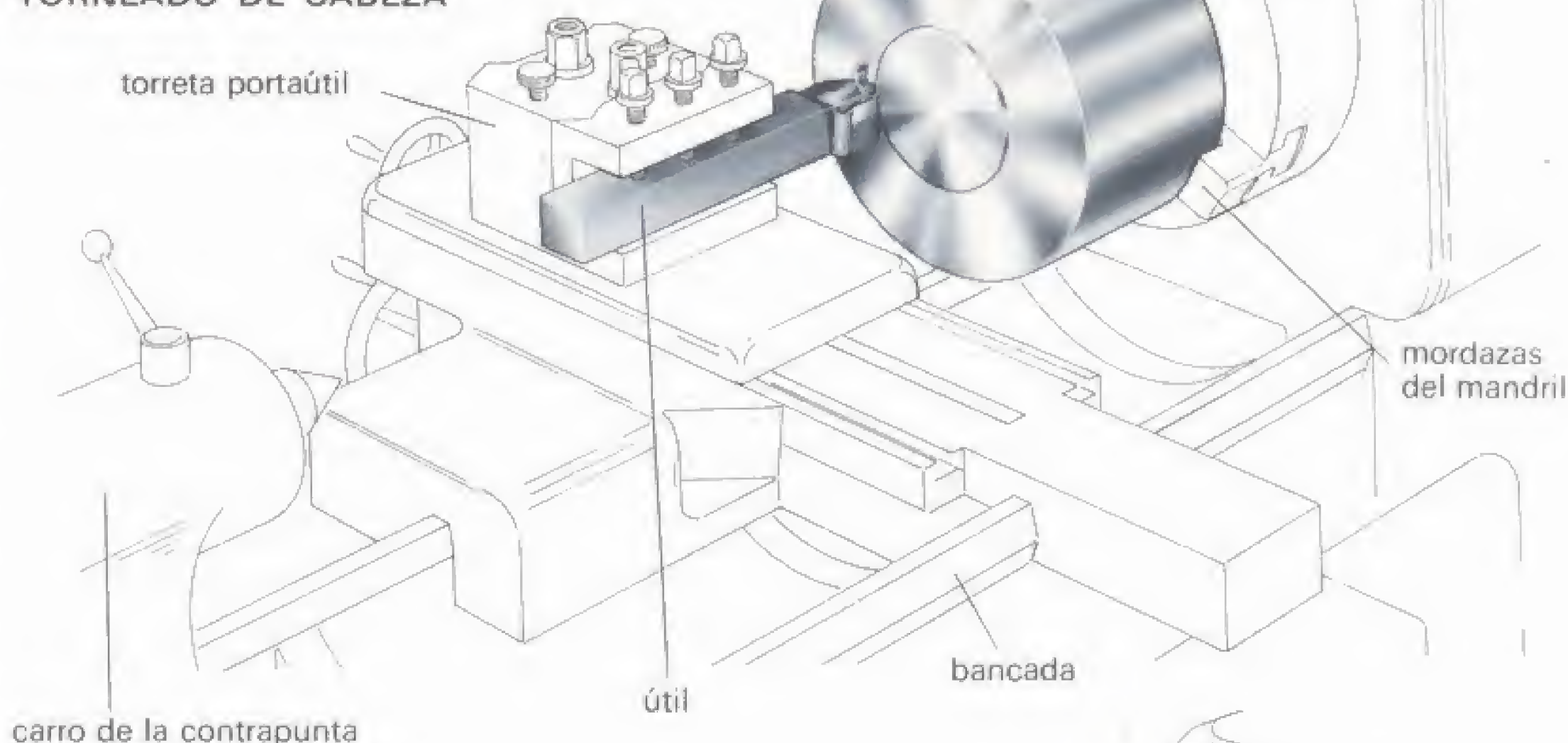
El empleo de útiles fabricados con aleaciones de acero de gran dureza, que ha hecho posible el torneado de los otros metales e incluso de los mismos aceros (siempre y cuando sean más dulces o con menor contenido de carbono), y la sustitución del viejo mecanismo de accionamiento a pedal por motores de vapor, de combustión interna y, más recientemente, por motores eléctricos, han permitido que el torno alcance unos niveles de productividad industrial extremadamente elevados. Casi de repente, se han podido producir útiles y piezas mecánicas en tiempos más cortos, con mayor precisión y con una sensible reducción de los costes de producción. Antes de su mecanización, los tornos sólo estaban capacitados para realizar operaciones externas de las piezas, aunque posteriormente también se han puesto a punto otros tipos de operaciones, como el fileteado de tornillos y taladros, el perfilado de superficies interiores de la pieza, o escariado, el corte de formas en la base de la pieza (desvastado) y el granulado de superficies cilíndricas, que se obtiene mediante unos rodillos especiales de metal duro.

**Componentes del torno** En las operaciones de torneado, la pieza a mecanizar se sujeta, generalmente con unas mordazas o mandriles, entre el cabezal del torno, solidario a la base o bancada de la máquina, y una contrapunta móvil que se puede fijar en cualquier posición a lo largo de toda la longitud de la bancada. Unos pernios, situados en el cabezal y en la contrapunta, hacen girar la pieza para su elaboración. Desde el siglo XVII, cuando los tornos para madera se utilizaban para realizar los motivos ornamentales de los muebles, como las patas torneadas de las sillas, divanes, butacas y mesas, típicas de aquella época, se han adoptado nuevos mecanismos, como los sistemas de correas con engranajes, adecuados para hacer variar la velocidad de rotación de la pieza. El útil de corte se puede desplazar en dirección paralela al eje de rotación de la máquina y en dirección radial.

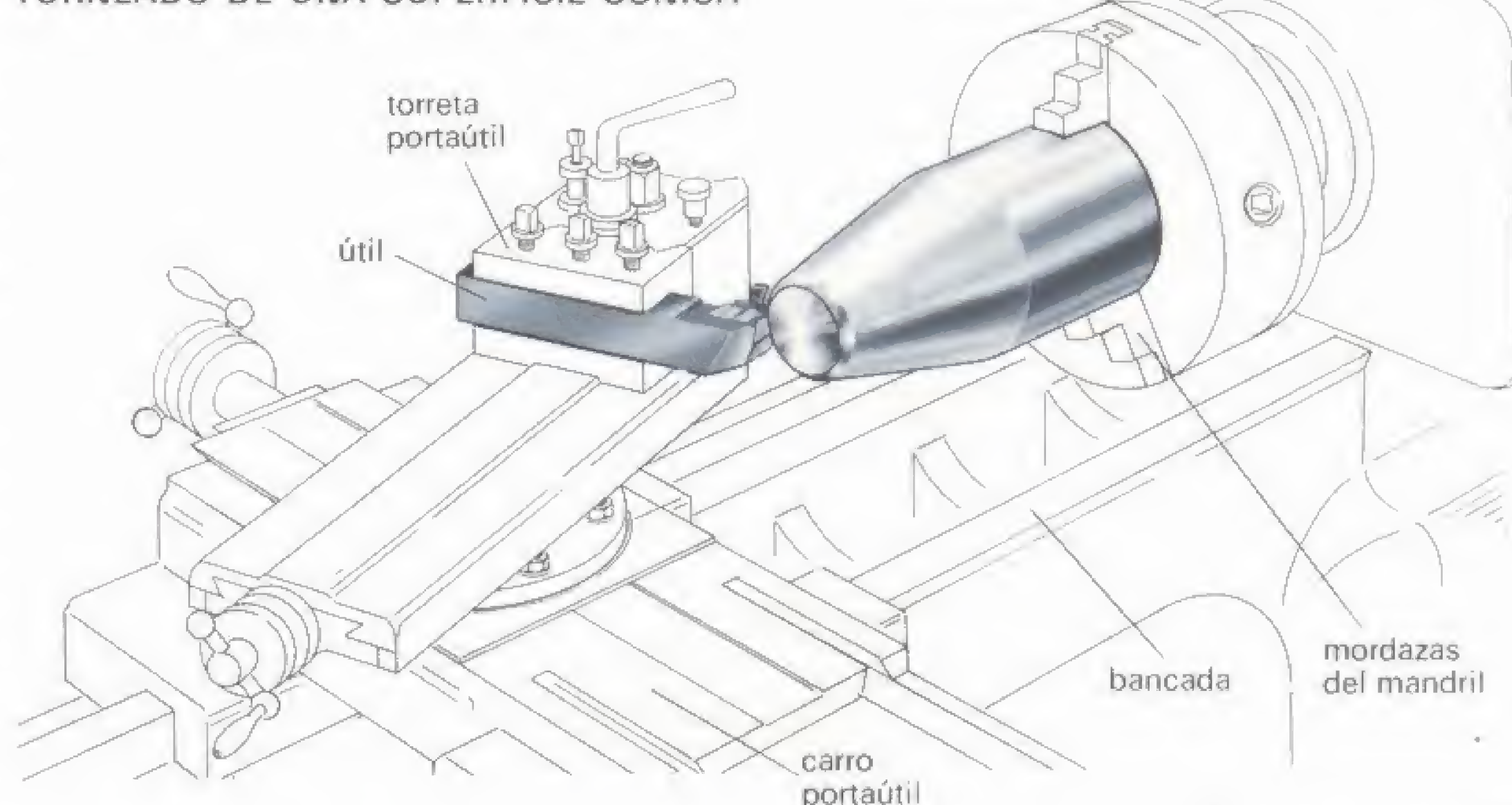


**TORNEADO DE UNA SUPERFICIE CILINDRICA**

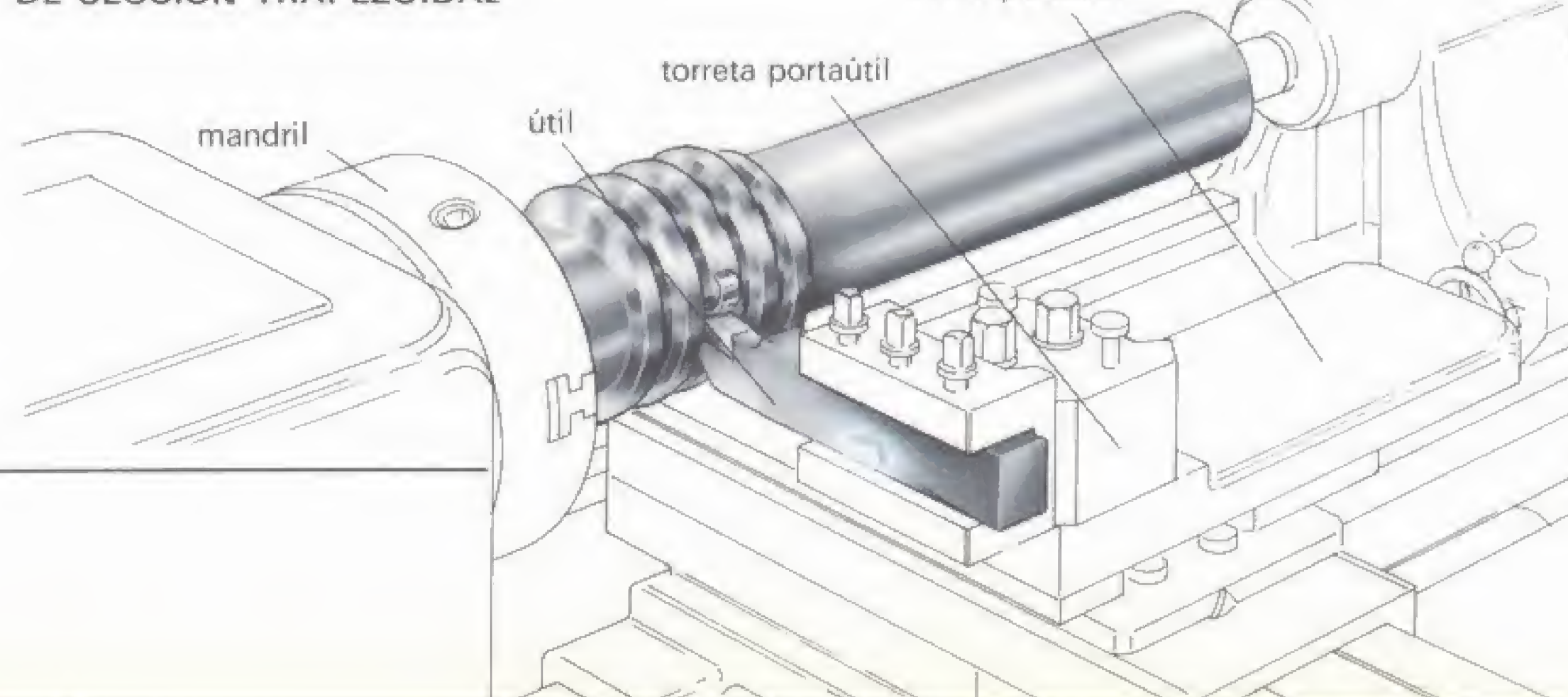
**TORNEADO DE CABEZA**



**TORNEADO DE UNA SUPERFICIE CONICA**



**TORNEADO DE UN FILETE DE SECCION TRAPEZOIDAL**





Las superficies cónicas se pueden realizar desplazando simultáneamente el útil en ambas direcciones. Hacia finales del siglo XVIII, el inventor francés Thiout resolvió el problema del desplazamiento del útil, que hasta aquel momento lo sujetaba el operario con la mano y por lo tanto no podía ser muy estable y preciso: Thiout colocó una larga barra roscada en dirección paralela a la del eje de rotación de la pieza y montó sobre ella un carro sobre el que se fijaba el útil de corte. Haciendo girar la barra roscada, se podía desplazar cuidadosamente el carro, y con éste el útil, a lo largo del eje de la pieza en elaboración. Hacia el año 1800, el inventor inglés Henry Maudslay aplicó el principio de Thiout a la construcción de tornos de tipo industrial, aptos para producir piezas mecánicas con mayor precisión y con tiempos de elaboración menores de los obtenidos con las otras máquinas disponibles por aquellos tiempos.

**Mejoras recientes** La más conocida de las versiones modernas de estas máquinas es el torno paralelo, en el cual el movimiento de rotación del pernio y el longitudinal del útil están accionados por un motor eléctrico de velocidad variable. Generalmente, el movimiento radial del útil se realiza manualmente, por medio de un mecanismo de tornillo aplicado al carro portaútil, aunque también existen modelos de torno completamente automatizados. El torno de revolver, inventado en 1839, está dotado de un cierto número de útiles de formas distintas, que están fijados a un tambor que puede girar respecto al carro portaútil. De esta manera, los útiles se pueden sustituir rápidamente para permitir distintos tipos de elaboraciones consecutivas sobre una misma pieza, sin tener que parar la máquina para reposicionar el nuevo útil.

Otro tipo de torno importante, que se utiliza sobre todo para pequeñas piezas mecánicas de precisión, es el torno automático de tornillería, que toma el nombre de los primeros ejemplares de esta máquina, empleados precisamente para la fabricación de tornillos y pernos. Las versiones más modernas pueden tener hasta 16 mandriles, o bien mandriles simples con tambores múltiples que se pueden programar para llevar a cabo un cierto número de mecanizaciones en una determinada secuencia, permitiendo una rápida producción en serie de componentes mecánicos, incluso de gran complejidad. Existen versiones verticales y horizontales de distintos tamaños, tanto del torno de revolver, como del automático de tornillería. Los tornos verticales permiten mecanizar aquellas piezas que, por su peso y dimensiones, es preferible hacerlas girar alrededor de un eje vertical, fijándolas sobre una plataforma circular que es, irónicamente, análoga a la de los primeros tornos de alfarero.

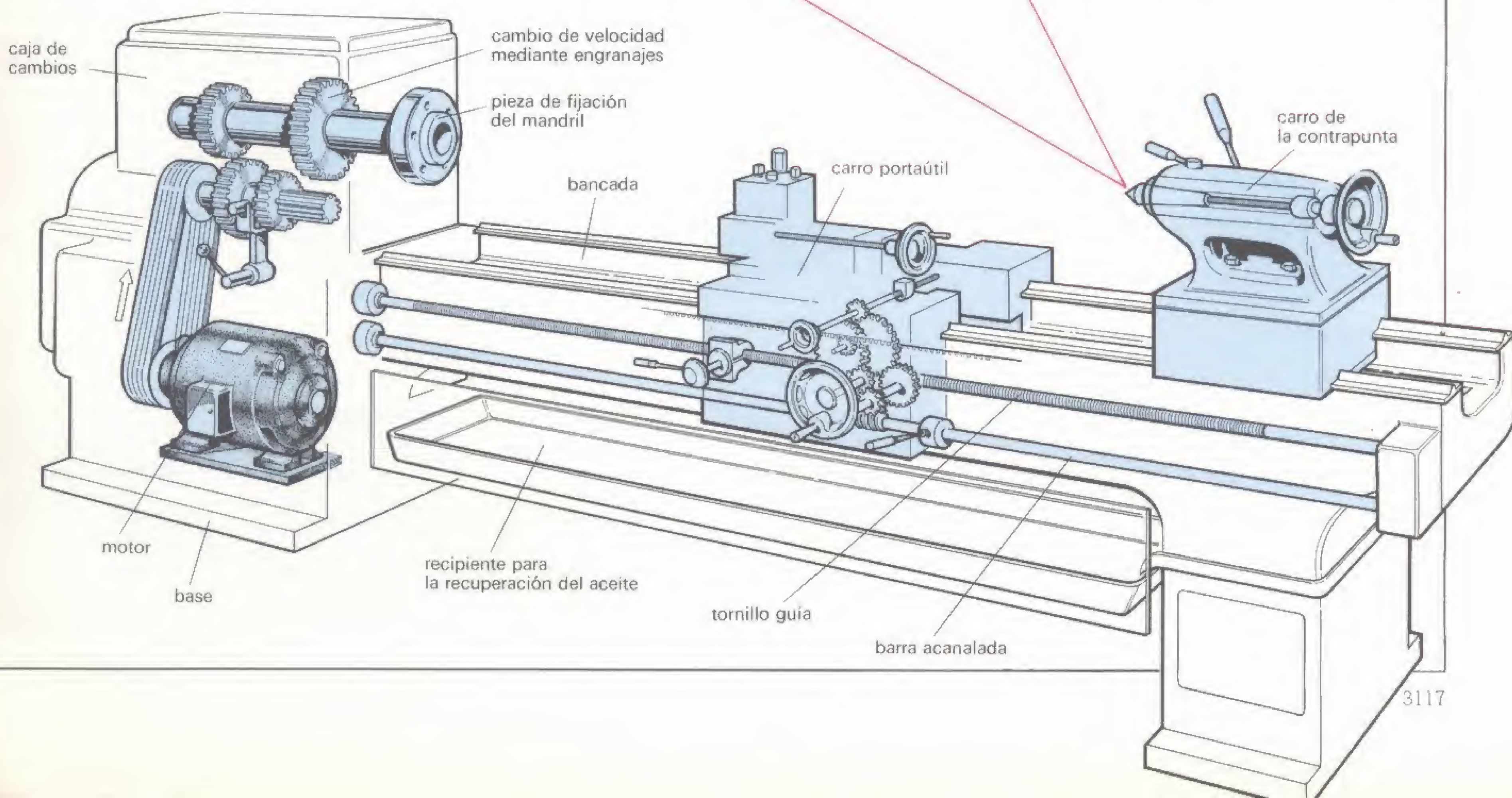
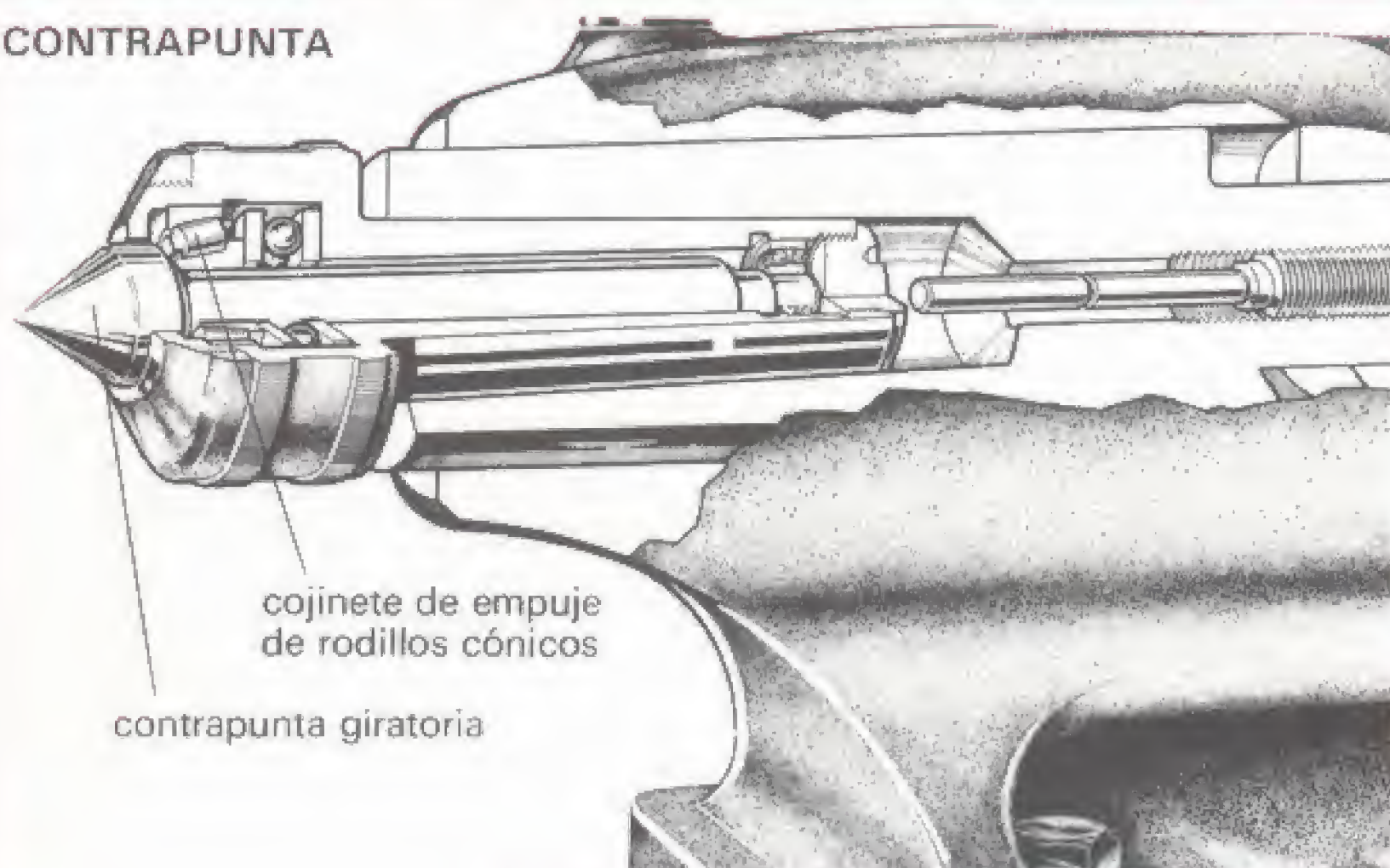
Véase **Herramientas y máquinas-herramienta; Metales, trabajo de los**

El torno es una máquina en uso desde los tiempos antiguos. Sin embargo, en su versión moderna tiene sólo menos de doscientos años, desde que se introdujo el uso de la llamada *torreta portátil móvil*. Se trata de un carro que puede desplazarse paralelamente al eje de rotación de la pieza que se está mecanizando, perpendicularmente, o bien en cualquier otra dirección, formando cualquier ángulo con dicho eje. En la página

anterior, cuatro elaboraciones típicas del torno: arriba, torneado de una superficie cilíndrica para reducir su diámetro. En el dibujo se muestra una pasada profunda. Se puede distinguir el útil (oscuro) fijado a la torreta (clara) mediante tres fuertes tornillos. Inmediatamente debajo, el torneado plano de la cabeza que forma la base de un cilindro. En la siguiente ilustración, el carro móvil portaútil se ha colocado oblicuamente con el fin de obtener una pieza con acabado cónico. El dibujo de abajo del todo muestra la elaboración de un fileteado de rosca de sección trapezoidal. Bajo estas líneas, la "contrapunta". Las piezas a mecanizar de excesiva longitud no se pueden sujetar únicamente con el

mandril. Por este motivo, uno de sus extremos se aprisiona con las mordazas del torno, mientras que el extremo opuesto se empuja contra el vértice del cono de la contrapunta, que a su vez se apoya (en los modelos más perfeccionados) sobre un cojinete de rodillos (especiales para soportar grandes presiones), permitiendo así una rotación perfectamente libre, incluso si la contrapunta queda muy apretada contra la pieza. Debajo, esquema de un torno o indicación de sus partes principales. La barra acanalada sirve para sincronizar la velocidad de rotación del mandril con el avance de la torreta, mientras que el tornillo guía suministra el avance del mismo con movimientos lentos y precisos.

#### CONTRAPUNTA





# Torpedo y otras armas subacuáticas

La parte más vulnerable de una nave es aquella de su casco que permanece sumergida en el agua (también llamada carena). Por consiguiente, para provocar su rápido hundimiento, el mejor sistema es el de abrir, de cualquier forma, una vía de agua en dicha carena, de modo que aquélla penetre en grandes cantidades en el interior del casco. Esta era la función del "rostró", o espolón que llevaban las naves de guerra de la antigüedad. El abandono de los remos como sistema propulsor y su gradual sustitución por las velas condujo al desuso del espolón, que fue reemplazado por el empleo de cañones.

El progreso de la técnica en el empleo de los explosivos y la necesidad de poner fin más rápidamente a los combates navales, llevó a reconsiderar la posibilidad de alcanzar las naves adversarias bajo la línea de flotación, teniendo además en cuenta el hecho de que una explosión

submarina, por efecto de la propia presión que engendra, produce daños notablemente superiores a los de una carga igual que hiciera explosión al aire libre.

Las primeras armas creadas con este fin fueron las minas, o *torpedos fijos*, como entonces fueron llamados. Estas no eran sino cargas que explotaban al chocar con las carenas de las naves adversarias. Podían ser fondeadas entre dos aguas en fondos bajos, colocadas al extremo de pértigas salientes de la proa de pequeñas unidades veloces (llamadas por esto *torpederos de pértigas*) o confiadas a equipos de submarinistas adiestrados para ser adheridas a las naves enemigas ancladas por medio de un mecanismo magnético.

El uso de estas armas logró cierto éxito: en particular, en 1864, durante la guerra civil estadounidense, cuando un primitivo submarino confederado, el *David*, hundió la fragata nortea *Housatonic* por

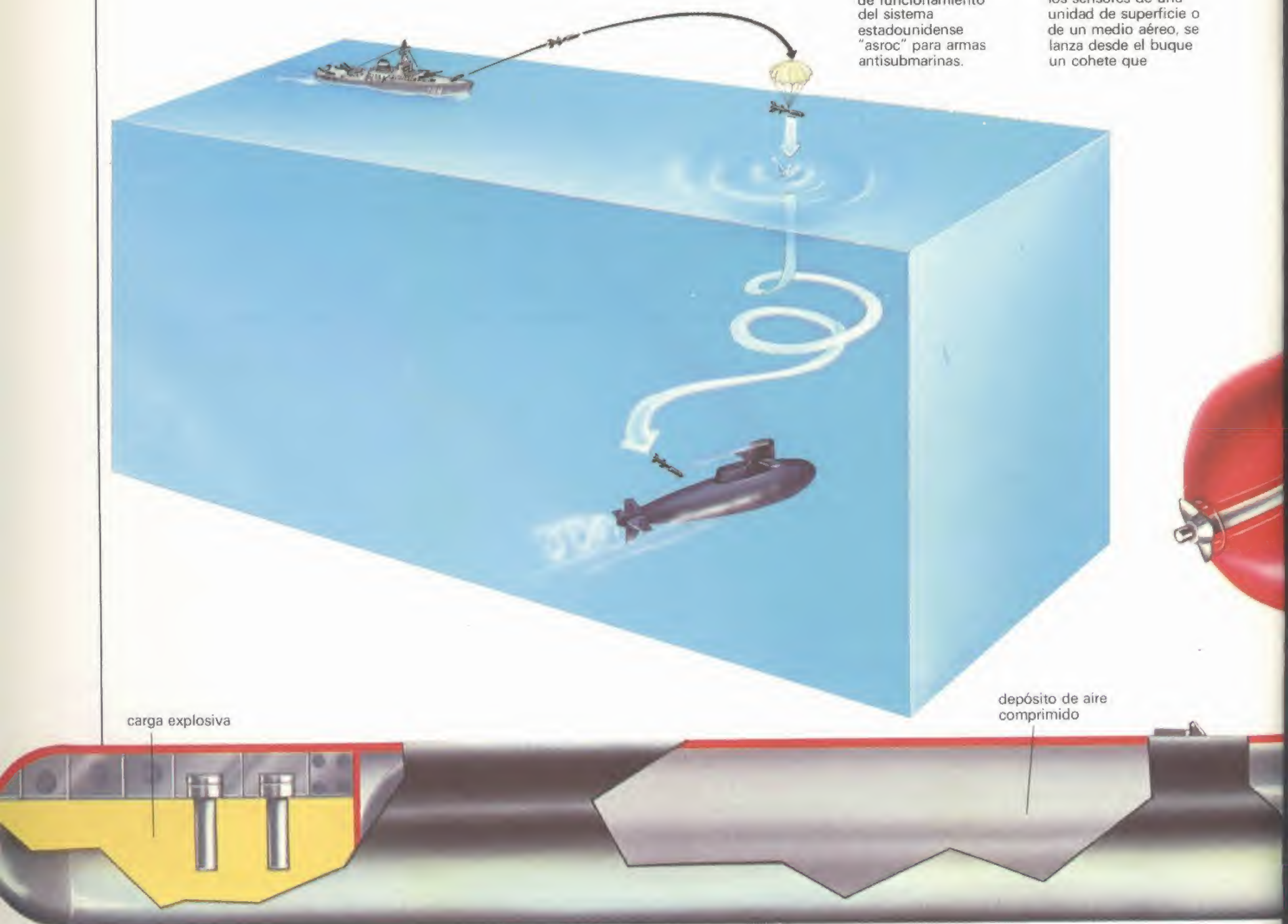
medio de un torpedo de pértiga, si bien hay que decir que aquél resultó también hundido por efecto de la explosión.

Era necesario, pues, encontrar un medio autopropulsado que pudiera provocar la explosión de la carga al contactar con la carena enemiga, pero que no pusiera en peligro la propia seguridad del atacante. El problema se resolvió en 1866, gracias al ingeniero inglés Robert Whitehead que, llevando a la práctica una idea del austriaco Johan Luppis, construyó el primer verdadero "torpedo". Se trataba de un arma fusiforme, cuya propulsión se realizaba por medio de una hélice accionada por aire comprimido, que contenía una carga explosiva en la parte anterior y que era capaz de recorrer en línea recta, a ras del agua, algunos centenares de metros.

**Desarrollo del torpedo** Fue sobre todo en la I Guerra Mundial, debido al gran

En el dibujo situado bajo estas líneas se representa un esquema general de funcionamiento del sistema estadounidense "asroc" para armas antisubmarinas.

Después de una primera localización del submarino, efectuada mediante los sensores de una unidad de superficie o de un medio aéreo, se lanza desde el buque un cohete que



carga explosiva

depósito de aire comprimido



empleo de torpedos efectuado por los submarinos durante dicho conflicto, cuando se produjo un rápido desarrollo de este arma. De las primeras armas lentas, movidas por aire comprimido, con pocos centenares de metros de carrera, se pasó en breve tiempo a los torpedos de aire sobrecalentado, capaces de desarrollar recorridos del orden de los mil metros y de alcanzar velocidades hasta de casi cuarenta nudos.

En vísperas de la II Guerra Mundial, los torpedos se fabricaban generalmente en dos calibres: 21 pulgadas (533 mm) y 18 pulgadas (450 mm). Mientras que los primeros constituían la dotación de los submarinos y buques de superficie, los segundos eran empleados por pequeñas y veloces lanchas rápidas y por los aviones. Las armas de 533 mm, movidas por aire sobrecalentado, con motores de turbina o de tipo alternativo, tenían un peso aproxi-

mado de una tonelada y media, contenían una carga de casi 300 kg y su velocidad —sobre un recorrido de 8.000 metros— era superior a los 40 nudos.

En la II Guerra Mundial, los submarinos alemanes fueron los primeros en utilizar los torpedos de propulsión eléctrica, menos veloces pero dotados de gran autonomía y prácticamente invisibles por ausencia de la estela que caracteriza a las armas movidas por aire. Los japoneses realizaron y emplearon con éxito sus grandes torpedos *Long Lance* con propulsión por aire oxigenado, capaces de realizar recorridos de más de 20.000 metros a velocidades del orden de los 50 nudos. Durante el conflicto aparecieron también nuevos sistemas para la activación de la carga: las viejas espoletas de choque fueron sustituidas por mecanismos magnéticos —que hacían explotar al arma al pasar bajo el blanco— y acústicos —que dirigían los

torpedos hacia las fuentes de ruido, como las hélices y los motores de los navíos.

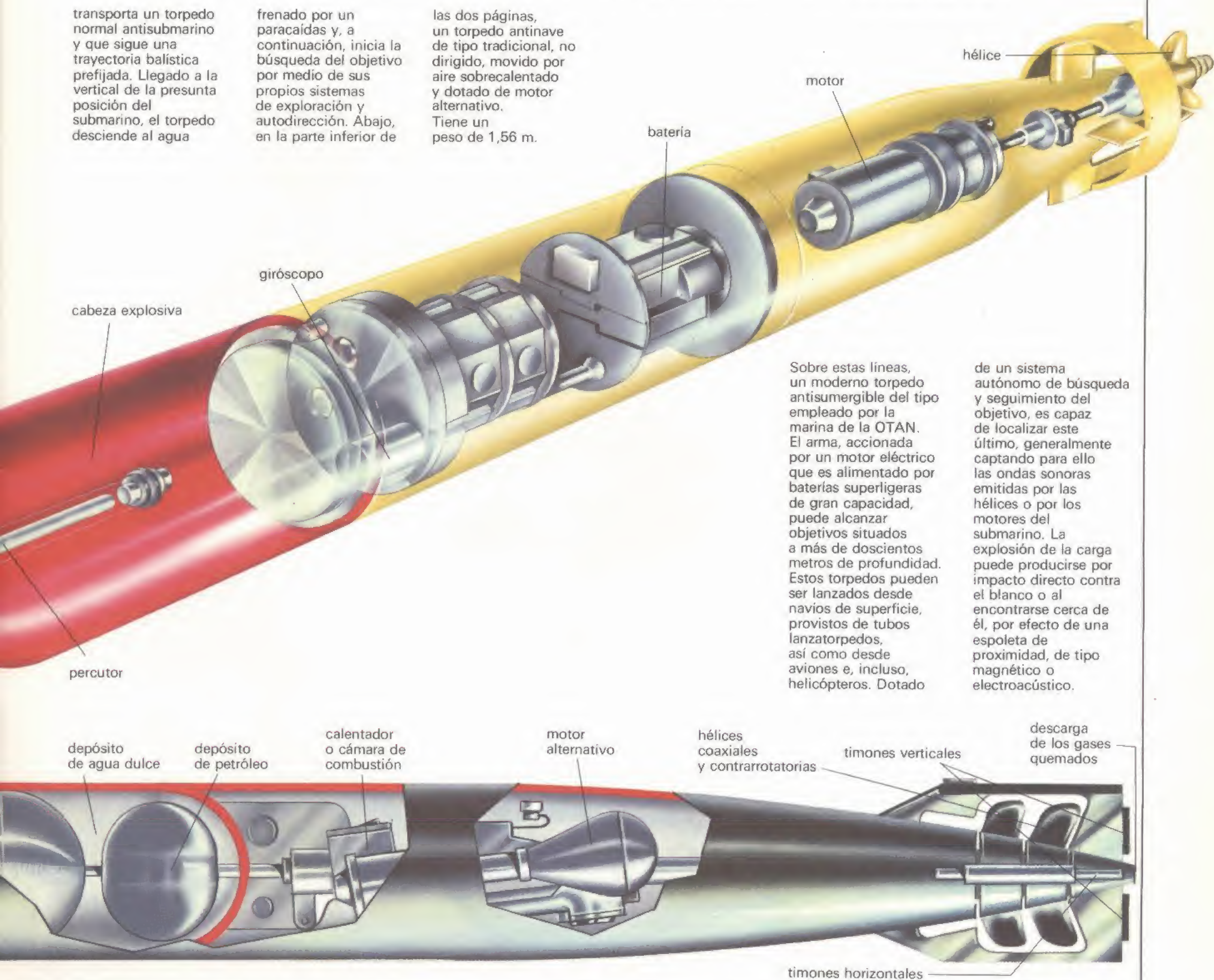
**Misiles-torpedo** Hoy en día, casi todos los tipos de misiles en servicio son de propulsión eléctrica. Los misiles antinave, de los que se hace uso en los modernos submarinos, son armas de tipo teledirigido y, a veces, con sistema automático de seguimiento de gran precisión. Los embarcados en naves de superficie tienen en cambio, casi exclusivamente, función antisubmarino y están dotados de los más complicados sistemas de autodirección sobre el blanco. Pueden ser lanzados mediante aire comprimido o cargas explosivas de un solo tubo o reunidos en complejos dobles o triples; también pueden formar parte de sistemas más complicados, constituidos por misiles y torpedos.

Véase **Mina; Misil; Submarino**

transporta un torpedo normal antisubmarino y que sigue una trayectoria balística prefijada. Llegado a la vertical de la presunta posición del submarino, el torpedo desciende al agua

frenado por un paracaídas y, a continuación, inicia la búsqueda del objetivo por medio de sus propios sistemas de exploración y autodirección. Abajo, en la parte inferior de

las dos páginas, un torpedo antinave de tipo tradicional, no dirigido, movido por aire sobrecalentado y dotado de motor alternativo. Tiene un peso de 1,56 m.



Sobre estas líneas, un moderno torpedo antisubmergible del tipo empleado por la marina de la OTAN. El arma, accionada por un motor eléctrico que es alimentado por baterías superligeras de gran capacidad, puede alcanzar objetivos situados a más de doscientos metros de profundidad. Estos torpedos pueden ser lanzados desde navíos de superficie, provistos de tubos lanzatorpedos, así como desde aviones e, incluso, helicópteros. Dotado

de un sistema autónomo de búsqueda y seguimiento del objetivo, es capaz de localizar este último, generalmente captando para ello las ondas sonoras emitidas por las hélices o por los motores del submarino. La explosión de la carga puede producirse por impacto directo contra el blanco o al encontrarse cerca de él, por efecto de una espoleta de proximidad, de tipo magnético o electroacústico.



# Tostador de pan

**E**l término inglés *toast* (brindis) hace referencia a una tradición medieval según la cual era costumbre servir pequeñas porciones de pan tostado en copas llenas de licor caliente. La simple operación de tostar el pan directamente sobre el fuego permaneció invariable durante centenares de años, hasta que en el siglo XIX, con el auge de la Revolución Industrial, comenzó a desarrollarse la invención de utensilios para uso doméstico. Uno de ellos fue el tostador de pan, del cual se han registrado más de mil quinientas patentes desde mediados del siglo pasado hasta nuestros días.

El primer artefacto diseñado para tostar pan consistía en un contenedor de hierro forjado que se colocaba sobre el fuego. En 1800, el inventor angloestadounidense Benjamin Thompson, que más tarde se convertiría en el conde de Rumford, diseñó un hornillo de carbón cuya parte inferior servía para tostar pan. Otro aparato utilizado en esta época para el mismo fin consistía en un recipiente en forma de pirámide truncada que podía contener dos rebanadas de pan en posición casi vertical. En 1922, se puso a la venta una versión cuadrada que podía tostar cuatro rebanadas. Ambos modelos, algo primitivos, todavía se utilizan en la actualidad.

**El tostador eléctrico** Casi todos los utensilios de uso doméstico de que dispo-

nemos en la actualidad fueron inventados en el siglo XIX, pero no se difundieron hasta el siglo XX. En un principio, fue en Estados Unidos donde más interés despertaron estos aparatos que permitían ahorrar tiempo en las tareas de la casa. Y así, cuando se expuso una cocina eléctrica en la World's Columbian Exhibition de Chicago en 1893, los estadounidenses se revelaron como grandes entusiastas de la posibilidad de ahorrar tiempo y fatigas en la cocina. Este fue el punto de partida de una gran cantidad de invenciones posteriores en el campo de los electrodomésticos.

El primer tostador eléctrico fue fabricado por la Westinghouse Electric en 1909. Se trataba de una simple base con hilos sin ningún tipo de revestimiento, de manera que los elementos eléctricos de la resistencia quedaban al aire. El pan, como ocurre en todos los modelos sucesivos de tostadores, se tostaba por medio del calor radiante que despedían los elementos de la resistencia. En 1920, la invención de un nuevo tostador eléctrico hizo posible girar la rebanada de pan sin retirarla del tostador: se bajaba la parte inferior, deslizándola sobre la rebanada y ésta giraba del otro lado. En 1918 se inventó y lanzó al mercado la primera combinación tostadora-café express, lo que supuso el inicio de una serie de combinaciones de tostadora con otros aparatos, como el tostador para asar maíz, inventado en 1924. Esto

desembocó en el difundido tostador-horno inventado en 1922, que, sin embargo, no alcanzó el éxito hasta 1955.

En todos estos aparatos era necesario controlar el tiempo de tueste, y el pan debía girarse manualmente. En 1924, un habitante de Minnesota, D. A. Rodgers, inventó un tostador provisto de un dispositivo cronométrico que cortaba la corriente eléctrica en el momento deseado. A pesar de sus ventajas, el invento no tuvo el más mínimo éxito desde el punto de vista comercial.

**El tostador automático** El primer tostador completamente automático, que tostaba ambos lados de la rebanada de pan al mismo tiempo y expulsaba las tostadas una vez listas, fue fabricado e introducido en el mercado por la General Electric y la McGraw Electric Company, con una marca de fábrica común, en 1926.

Se trataba de un tostador para una sola rebanada, en el que se introducía el pan verticalmente entre dos series de elementos eléctricos. Un mecanismo de relojería activaba un resorte que, una vez tostada, empujaba hacia afuera la rebanada de pan. En 1930 se puso a la venta un tostador automático silencioso, provisto de un sensor térmico bimetálico. Este aparato tostaba simultáneamente dos rebanadas de pan y funcionaba de un modo muy semejante a los modernos modelos que se utilizaban en la actualidad para tostar cuatro rebanadas a la vez.

**Funcionamiento** El sensor térmico bimetálico, al igual que un termostato, consiste en dos laminillas de distintos metales unidas entre sí. Una de las láminas permanece fija en el tostador mientras que la otra queda libre para moverse cuando se dilata a causa del calor. Debido a que el coeficiente de dilatación de los dos metales es diferente, la laminilla que no permanece fija se curva por el calor antes que la otra, haciendo contacto con un elemento mecánico que libera un resorte unido a la barra de metal sobre la que se colocan las rebanadas de pan. En algunos tostadores, la lámina bimetálica acciona un mecanismo eléctrico que eleva la tostada en lugar de empujarla hacia afuera. La lámina bimetálica puede ser accionada directamente por el calor de la tostada o por los elementos eléctricos, dependiendo de su situación en el tostador.

**Seguro y económico** En 1959 se diseñaron e introdujeron en el mercado tostadores dotados de un interruptor de seguridad bipolar, mecanismo que reduce notablemente la posibilidad de sacudidas eléctricas. Además, y a pesar de la inflación existente en todo el mundo, los tostadores automáticos no han disparado su precio, que sigue siendo muy similar al de las primeras épocas.



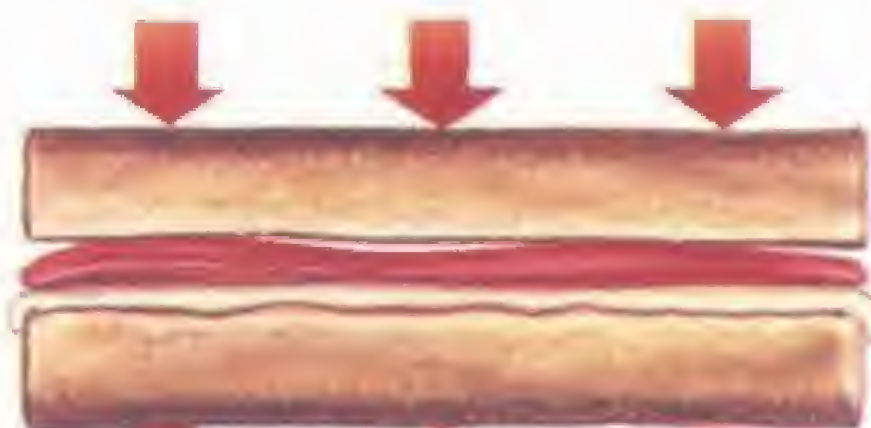
Véase **Termostato**



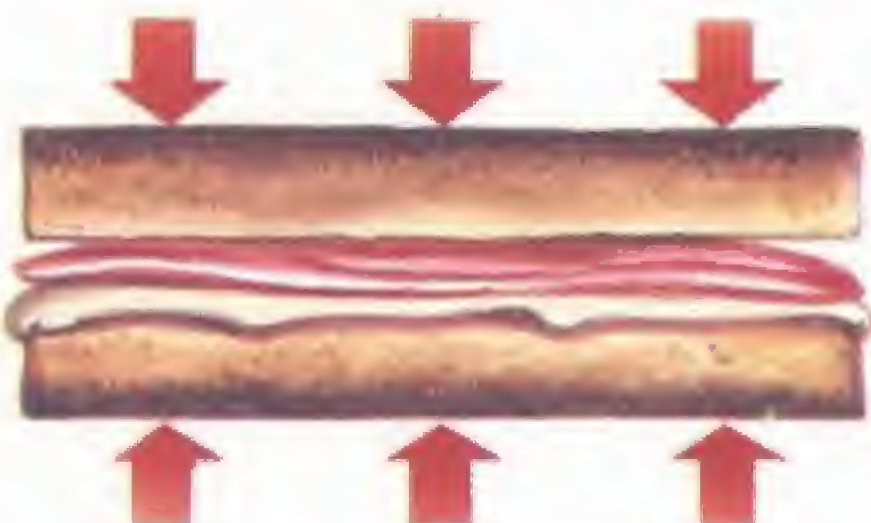
A



B



C



D



E



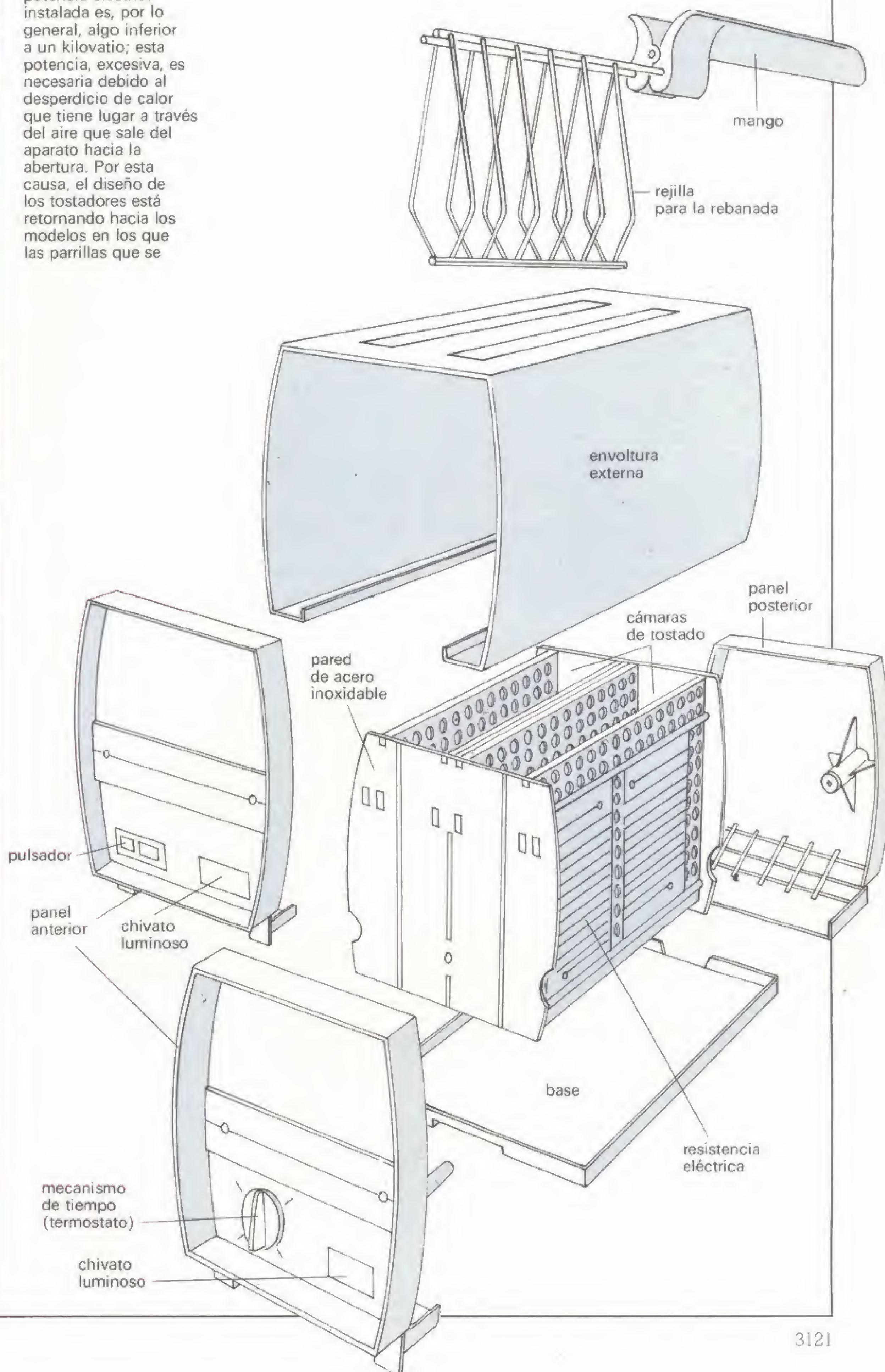
El tostado de un *sandwich* o emparedado consiste en el calentamiento gradual del pan y de su contenido, impidiendo que las sustancias untuosas y aromáticas se dispersen; esto se lleva a cabo tras una serie de fases: a) se prepara el emparedado con una o más lonchas de queso y fiambre entre dos rebanadas de pan fresco (de molde); b) el calor radiante tuesta la superficie de las rebanadas de pan muy velozmente, y mucho más deprisa de lo que tarda en difundirse en el interior; c) el calor comienza a influir

débilmente en las lonchas de fiambre y queso, las cuales emiten aromas que se difunden en la rebanada de pan; d) los aromas no traspasan fácilmente la rebanada de pan porque la parte tostada se ha convertido en una capa impermeable que impide su paso; e) el *sandwich* es abierto para introducir otro relleno, que experimentará un ligero calentamiento inducido por el calor del pan, y cuyas sustancias untuosas serán retenidas, entre las dos rebanadas, también debido a la impermeabilidad del tueste.

El tostador consiste en un pequeño horno con una o dos aberturas por las que se introducen las rebanadas de pan. En algunos modelos, éstas se colocan y se retiran por medio de una pieza de rejilla. Abajo pueden observarse los elementos de los que se compone un tostador. El modelo presentado es el de uso más común. La potencia eléctrica instalada es, por lo general, algo inferior a un kilovatio; esta potencia, excesiva, es necesaria debido al desperdicio de calor que tiene lugar a través del aire que sale del aparato hacia la abertura. Por esta causa, el diseño de los tostadores está retornando hacia los modelos en los que las parrillas que se

calientan son horizontales y no permiten al aire caliente salir hacia afuera. Además, es útil disponer de una reserva de potencia eléctrica para poder programar planes de tueste veloces al inicio y lentos al final, o

viceversa. En la página anterior, tostador para rebanadas de pan. Un mando graduado regula el tiempo de tueste, al final del cual salta el mecanismo automático que hace que salga el pan y se apague la resistencia eléctrica.





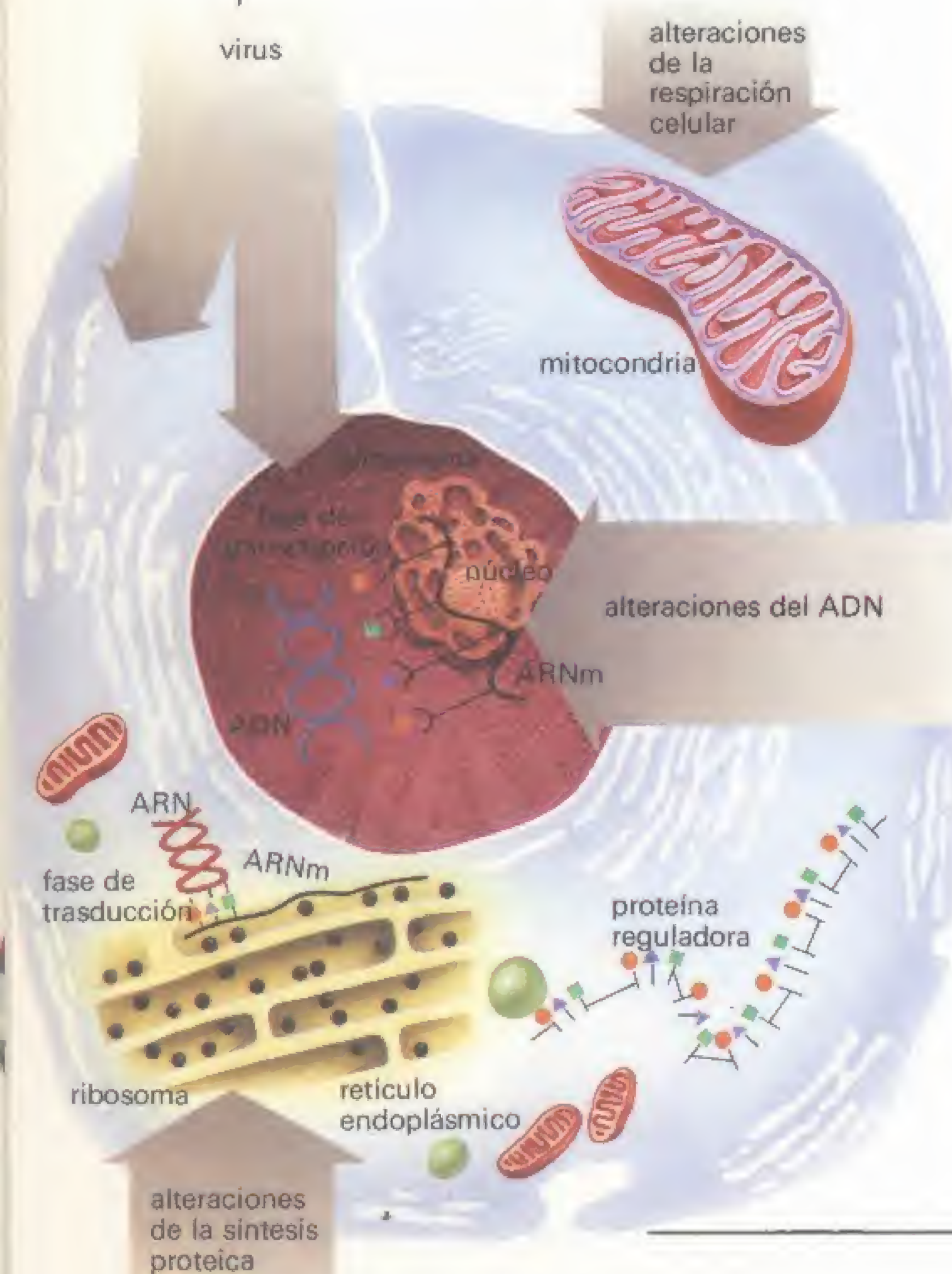
# Toxicología

En el siglo XVII, el envenenamiento era una de las soluciones más en boga para resolver problemas diplomáticos y familiares. Las muertes por envenenamiento eran tan frecuentes que en Francia el arsénico se llamaba "el polvo de la sucesión". Durante el reinado de Luis XIV, la marquesa de Brinvilliers, mujer del capitán Gaudin de Sainte-Croix, envenenó a muchas personas sólo por cuestiones de antipatía; entre sus víctimas se encontraron su padre y algunos de sus hermanos. Sólo tras la muerte de Gaudin de Sainte-Croix, su diario reveló los crímenes de la marquesa, que, entregada a la justicia, fue condenada a la horca y a que su cuerpo fuera quemado en la hoguera. En 1679, después de 442 condenas por envenenamiento con arsénico, Luis XIV promulgó un decreto que limitaba la venta y utilización de esta sustancia.

El médico español Mateo José Orfila, conocido como "padre" de la toxicología, estudió el recorrido del arsénico en el organismo humano y demostró que, tras causar la muerte, no llega a penetrar en los huesos. En 1840, esta afirmación fue defendida para condenar a la famosa asesina María Lafarge, que había matado a varios de sus maridos. En 1961, la francesa Marie Bernard, que había amasado una fortuna en herencias, fue absuelta de la acusación de haber envenenado a 12 parientes, después de un proceso judicial que duró 12 años. Una de las tesis a su favor, defendida por sus abogados, fue que los restos de arsénico encontrados en los cuerpos de las víctimas podrían proceder del suelo del cementerio (lo que está en contradicción con los más recientes descubrimientos de la toxicología).

## ENVENENAMIENTO POR ALGUNAS SUSTANCIAS DE FRECUENTE EMPLEO DOMESTICO

SUSTANCIAS	SINTOMAS	TRATAMIENTO
acetona (disolvente)	inhalación: tos pertinaz, posible congestión pulmonar, hipotensión ingestión: ulceraciones de la mucosa orofaríngea, hipotensión	eméticos, lavado de estómago y, en casos graves, oxígeno y respiración artificial eméticos, lavado de estómago, analépticos y sedativos
ácido bórico (desinfectante)	vómitos y diarrea; coma y cianosis; erupciones cutáneas	no provocar el vómito y no realizar lavado gástrico: administración de leche, clara de huevo, magnesia calcinada
ácido clorhídrico y sulfúrico	dolores abdominales, vómitos con sangre; tos pertinaz; colapso	lavado de estómago
ácido cianhídrico y cianuro potásico (semillas amargas de albaricoques, almendras, melocotones, productos de fotografía, anticriptogámicos)	vértigos, náuseas, vómitos, alteraciones de la respiración, convulsiones	leche, agua de cal, carbón vegetal
ácido oxálico (solución antioxidante y para abrillantar metales)	ulceraciones de la mucosa orofaríngea, vómitos negruzcos y diarrea sanguinolenta	aire fresco, inhalación de vapor de agua, vinagre diluido, zumo de limón
amoníaco	inhalación: tos, disnea, colapso; ingestión: ulceraciones en los labios y mucosa orofaríngea, vómitos, orina con sangre	quitar inmediatamente la ropa si está mojada de amoníaco
arsénico (insecticidas, raticidas)	vómitos de tipo "agua de arroz", dolores abdominales, diarrea, convulsiones, colapso	lavado de estómago, sedantes, analépticos o marcapropanol (BAL)
benceno (quitamanchas)	náuseas, vómitos, vértigo, convulsiones, somnolencia	lavado de estómago, purgantes, analépticos, eventualmente oxígeno
hexaclorociclohexano (insecticidas, líquidos y fumigantes para desinfección)	convulsiones, fiebre	lavado de estómago, carbón animal, analépticos, sedantes
hexaclorofeno (dentifrico, talco)	náuseas, vómitos, diarrea, hipotensión, colapso	lavado de estómago
ésteres fosfóricos (antiparasitarios)	náuseas, dolores abdominales, vómitos, diarrea, vértigo, somnolencia	provocar el vómito, lavado de estómago, eventualmente oxígeno
fenol (solución desinfectante)	dolores abdominales, vómitos, diarrea con sangre, hipertensión	aceite de oliva, lavado de estómago
fluoruros (insecticidas, raticidas, productos antioxidantes)	dificultad para la deglución por parálisis muscular, vómitos, colapso	lavado de estómago, leche
mercurio (sublimado corrosivo)	lesiones en la mucosa oral y gástrica, diarrea, vómitos con sangre, colapso	lavado de estómago
metacetaldehído-metaldehído	dolores abdominales, vómitos, hipotermia, palidez, convulsiones, coma	lavado de estómago
naftalina	dolores abdominales, vómitos, coma	provocar el vómito, lavado de estómago, gran cantidad de líquidos
petróleo y derivados	edema pulmonar, broncopulmonitis, ulceraciones de las mucosas faríngea y gastrointestinal, vértigo	aceite de vaselina y purgante enérgico; no provocar el vómito, no realizar lavado de estómago
salicilato de metilo (linimentos)	vómitos, temblores, convulsiones	provocar el vómito, lavado de estómago
sulfato de cobre (antiparasitario para viñedos)	dolores gástricos e intestinales, vómitos, salivación abundante, diarrea, colapso	lavado de estómago, leche
trementina	sudoración intensa, cefalea, vómitos, diarrea	aceite mineral, carbón activado, lavado de estómago
trielinea (quitamanchas)	náuseas, dolores abdominales, vértigos, pérdida del conocimiento, sudoración intensa	lavado de estómago





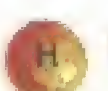
El organismo humano está constantemente sometido a la acción de distintas sustancias, tanto animadas como inanimadas, capaces en algunas ocasiones de provocar graves reacciones, e incluso la muerte. En el esquema que aparece al lado de estas líneas se ilustra cómo actúan

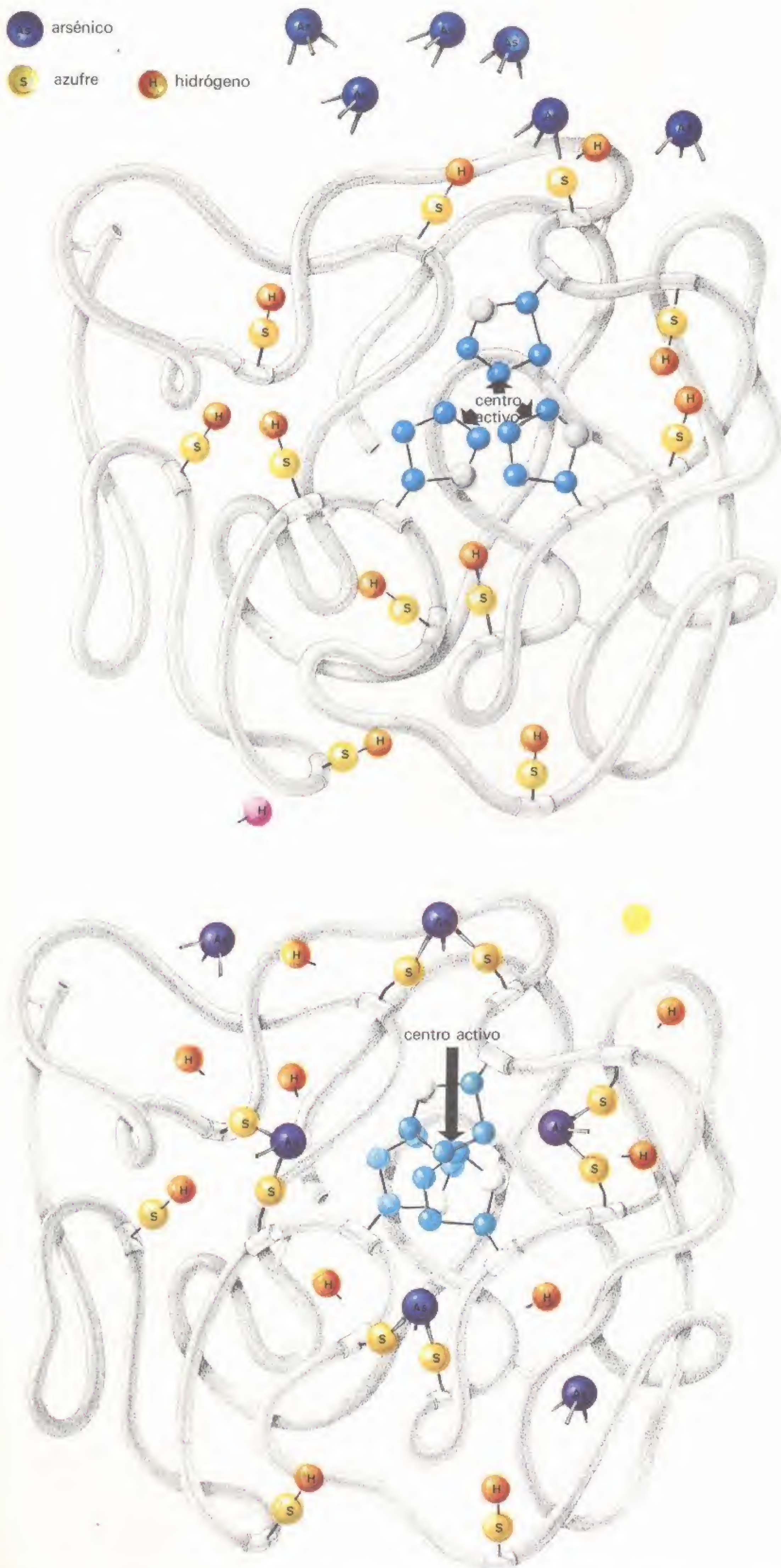
los estímulos externos (en este caso los *oncogenes*, capaces de causar el cáncer) sobre las estructuras celulares: el mecanismo final con el que se llega a la degeneración maligna está siempre relacionado con un daño que se produce en el patrimonio genético. El término "veneno" se ha considerado siempre como equivalente a cualquier sustancia capaz de causar alteraciones a nivel celular, responsables de trastornos

gravísimos. En la página siguiente se ilustra una representación esquemática del mecanismo de acción del arsénico, sustancia que, sobre todo en siglos pasados, se utilizó con fines criminales. Hoy en día está presente en numerosos productos empleados habitualmente en agricultura (herbicidas, insecticidas, antiparasitarios), en la industria, en la medicina y en veterinaria. El sistema circulatorio es el más

afectado por esta sustancia: efectivamente, la ingestión de dosis importantes de arsénico da lugar a una permeabilidad incrementada de los capilares, con la consiguiente salida de plasma de la pared vascular y la disminución de la presión arterial. A nivel celular, el arsénico reacciona con los grupos -SH, formando puentes -S-As-S que alteran la forma y la función de los sistemas enzimáticos celulares.



 arsénico  
 azufre     hidrógeno



**El índice toxicológico** La toxicología es una rama de la farmacología que estudia la naturaleza, procedencia y mecanismos de acción de las sustancias que, en algunas ocasiones, son capaces de alterar las funciones y poner en peligro la existencia de organismos vivos. Entre estas sustancias cabe mencionar los fármacos, algunos productos industriales, los antiparasitarios agrícolas, ciertos aditivos y conservantes alimentarios, los estupefacientes, los cosméticos, por no citar los contaminantes atmosféricos y los productos químicos de empleo bélico. Se puede decir que, en la práctica, no existe edad o condición del hombre que no esté sujeta a la acción de sustancias químicas capaces de actuar como tóxicos. Incluso en la vida intrauterina, el feto puede ser agredido por compuestos químicos capaces de producir efectos perjudiciales, transmitidos desde la madre por vía placentaria.

Los toxicólogos experimentan en el laboratorio los compuestos químicos y fármacos para determinar la eficacia y seguridad de las dosis. Los resultados de los experimentos efectuados en animales de laboratorio permiten establecer un *índice terapéutico*. El índice es la relación entre lo que se denomina *dosis letal 50* ( $DL^{50}$ ) y la *dosis eficaz 50* ( $DE^{50}$ ) e indica el intervalo de dosis no perjudicial. La  $DL^{50}$  se determina administrando a ratones de laboratorio dosis crecientes de la sustancia en estudio y observando el número de los animales muertos tras cada tratamiento. Se denomina  $DL^{50}$  a la dosis que produce la muerte en el 50% de los animales. La  $DE^{50}$  se determina de un modo parecido, organizando largas series de experimentos y, antes de cambiar de concentración, observando los efectos del fármaco. Por ejemplo, para determinar la dosis eficaz de un analgésico se coloca la cola de un ratón de laboratorio en contacto con una placa caliente; a cada dosis de analgésico corresponde un incremento de la temperatura de la placa a la que el animal da señales de dolor. Cuando el 50% de los animales tratados reacciona del mismo modo a la misma dosis, ésta se considera la  $DE^{50}$ . La  $DL^{50}$  es, lógicamente, mucho mayor que la  $DE^{50}$ ; de cualquier modo, el índice terapéutico ideal es único, lo que significa que sólo a unas ciertas dosis la sustancia es segura y eficaz. Sustancias como la morfina tienen un bajo índice terapéutico, y el intervalo entre la dosis eficaz y la letal es muy pequeño. La aspirina, al contrario, tiene un alto índice, por lo que para llegar a los efectos letales se necesita ingerir una gran cantidad.

**Subgrupos toxicológicos** El toxicólogo somete a experimentación a los animales de laboratorio y determina los efectos de las sustancias tóxicas sobre sus sistemas biológicos. A partir de la observación de fenómenos tales como la pérdida de peso, la aparición de tumores o úlceras y de comportamientos anómalos, con la posibilidad de que éstos sean provocados por la absorción de compuestos químicos



nocivos, el toxicólogo trata de establecer qué efectos provocan estas sustancias sobre el organismo y en qué manera se ven afectados los procesos fisiológicos. La diferencia entre toxicidad aguda y crónica implica la consideración de dos aspectos distintos del experimento. La primera, en efecto, da como resultado la muerte inmediata, que tiene lugar en el transcurso de

24 horas. La segunda se refiere a una exposición prolongada a la sustancia. Los experimentos pueden durar hasta 6 meses, y con frecuencia el animal en observación es sacrificado para poder establecer los efectos tóxicos.

Los toxicólogos ambientales, de los que actualmente existe gran demanda, establecen los máximos valores de las sustan-

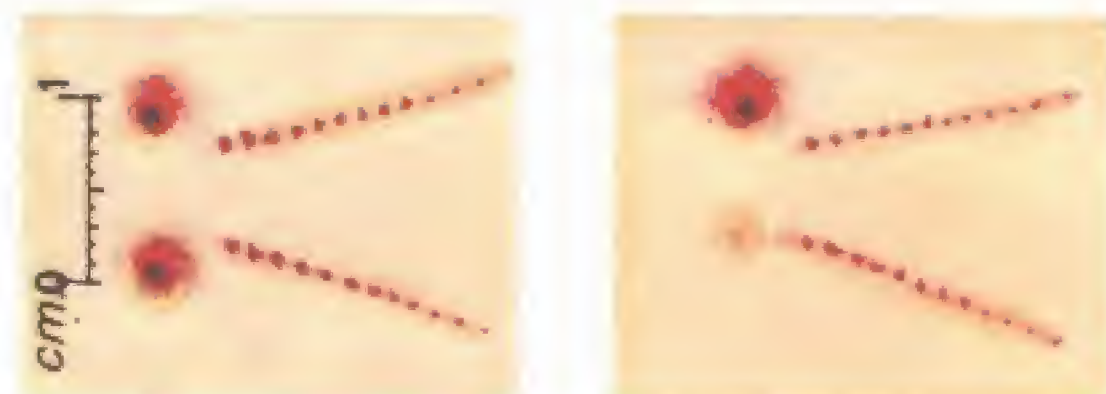
cias tóxicas aceptables para la salvaguarda del ambiente. Su misión es determinar cuántas partes por millón de un producto tóxico, por ejemplo, el DDT, encontrado en la lluvia, comienzan a constituir un peligro para la salud. Además, analizan las sustancias desde el punto de vista teratogénico (los teratógenos son sustancias que tienen capacidad de provocar malformaciones

Se ilustran aquí algunos momentos típicos de un envenenamiento por la picadura de una víbora, bastante difundida en el mundo. Abajo, cabeza de víbora: la pupila, alargada longitudinalmente, es un importante rasgo

para su reconocimiento. Al lado, esquema de la víbora: una doble fila de puntitos y dos puntos más gruesos son las características señales de los colmillos, que distan aproximadamente un centímetro entre sí. Puede incluso faltar

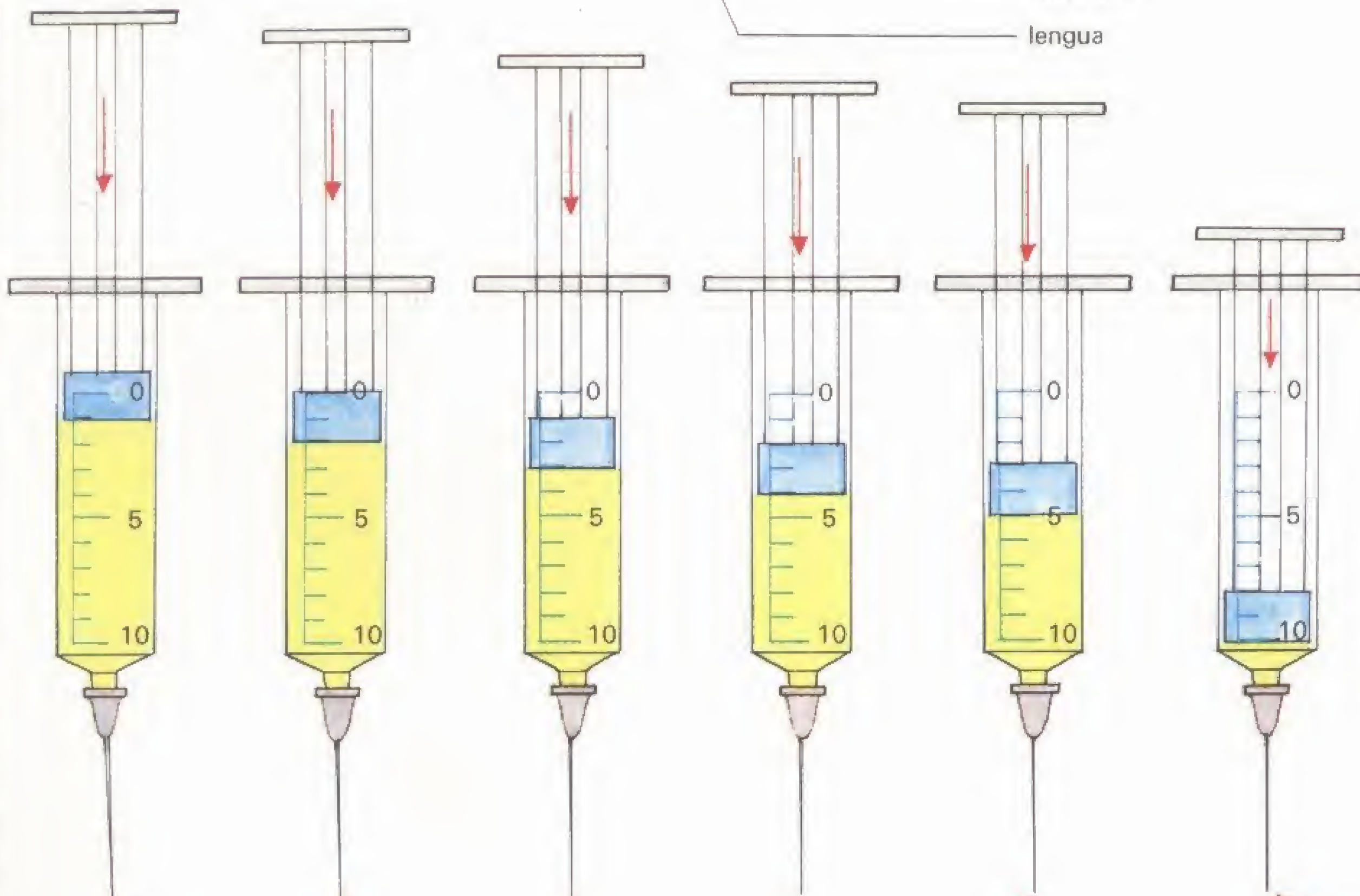
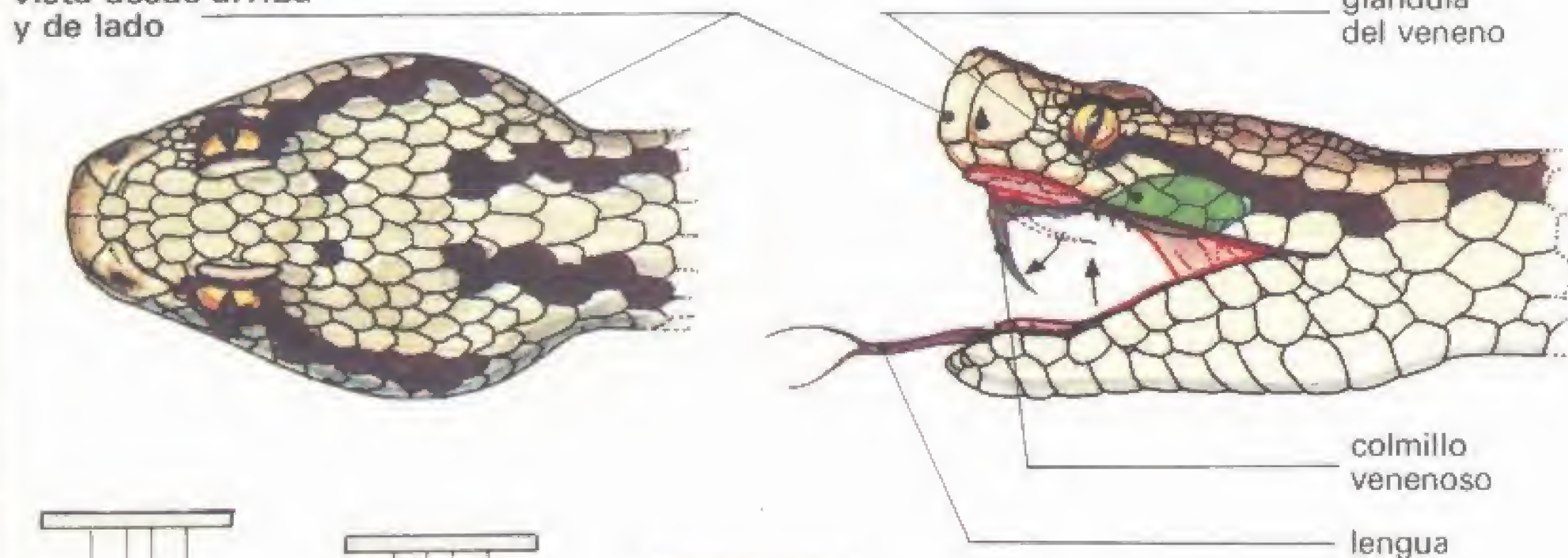
una de las señales de los colmillos. En el recuadro de la derecha se indica cómo actuar en una situación de urgencia, cuando se ha producido una mordedura de víbora y no se dispone del adecuado suero antiofídico. En estos casos es necesario

colocar un compresor (pañuelo, bufanda, etc.) por encima de la mordedura, a modo de torniquete, incidir con un cuchillo para hacer salir toda la sangre posible, succionarla y escupirla enseguida. Es imprescindible el traslado inmediato del paciente a un hospital.

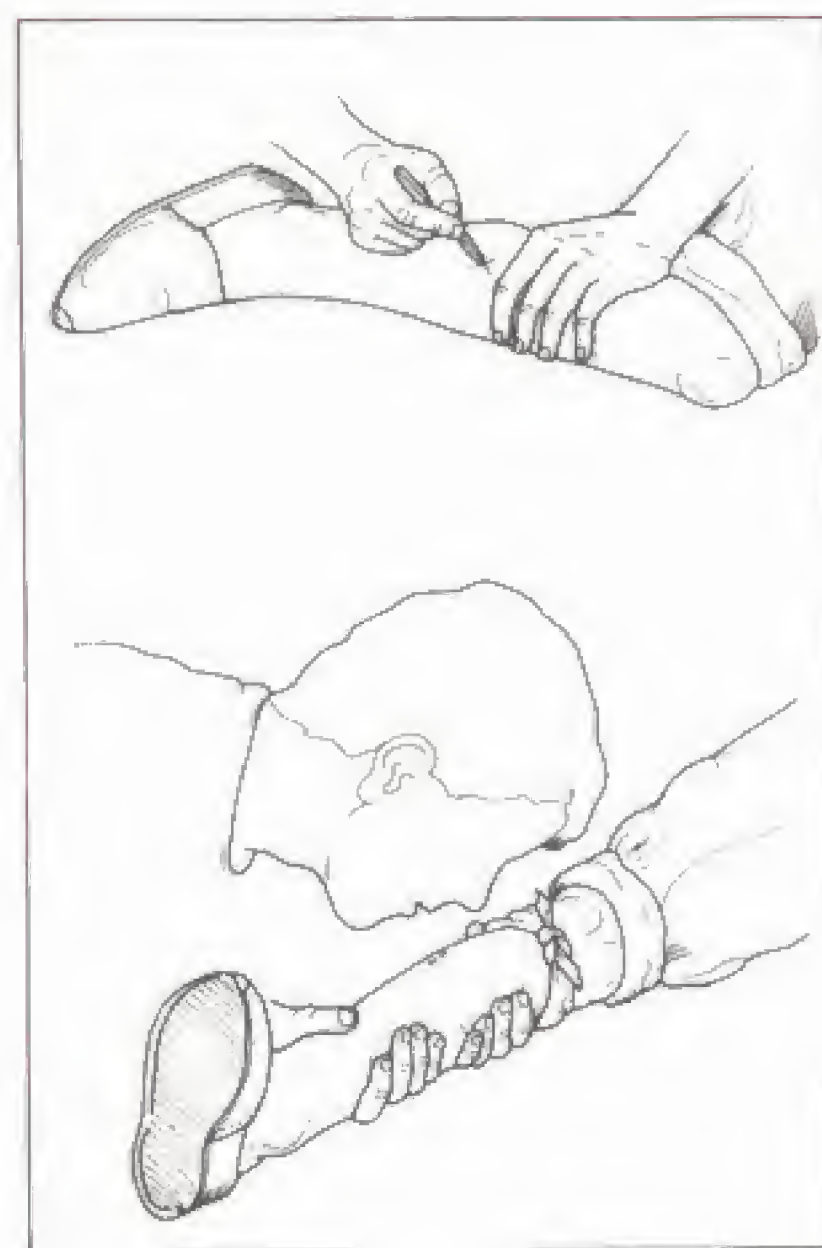


mordedura de víbora

cabeza de víbora vista desde arriba y de lado

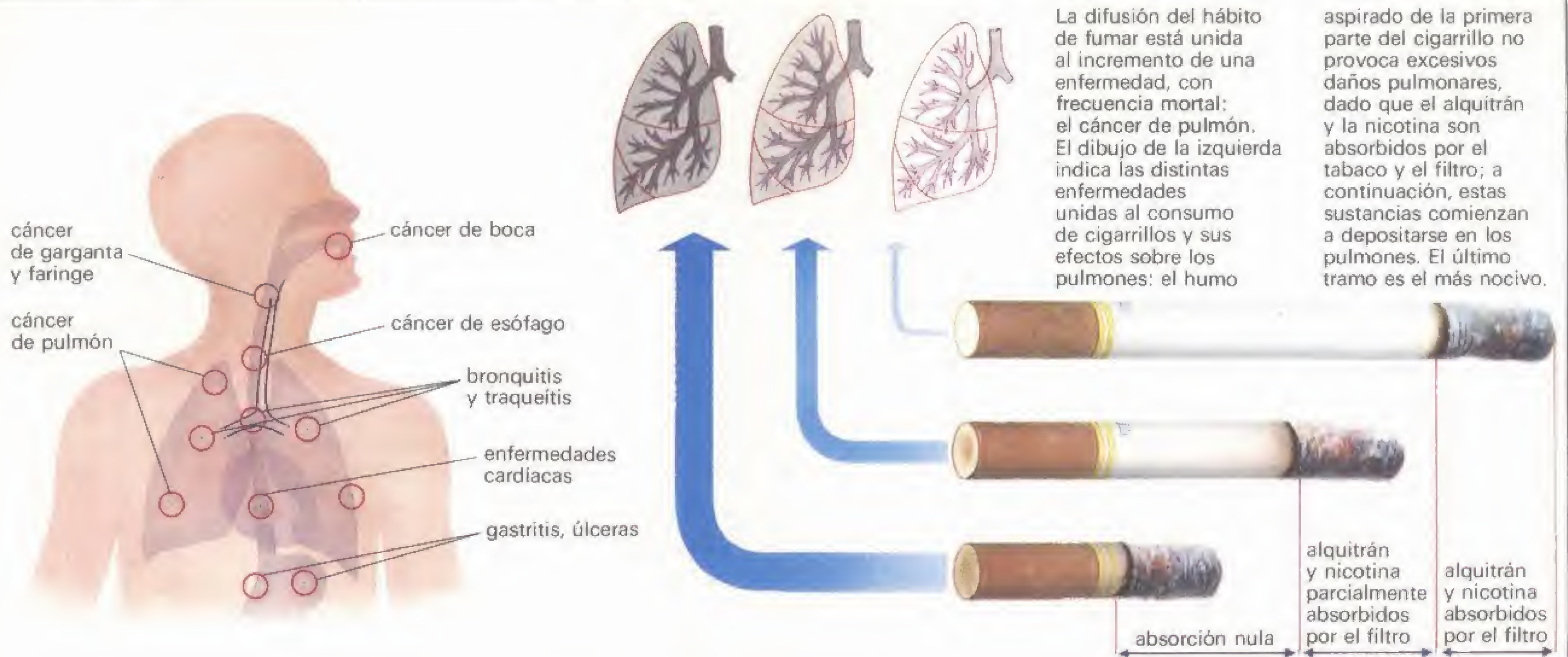


gasas



Junto a estas líneas, inyección de suero antiofídico: se preparan la ampolla y la jeringa y se inyecta sucesivamente la mitad del suero en la zona que rodea la mordedura, fraccionándolo en muchas dosis pequeñas. Previamente se habrá colocado el compresor en la zona situada por encima de la mordedura, desinfectada y cubierta con gasas. La otra mitad del suero se inyectará en los glúteos o en la raíz del miembro afectado,





El óxido de carbono es uno de los gases más peligrosos por su presencia en el medio ambiente y en los gases de uso doméstico y por su extraordinaria afinidad por la

hemoglobina (componente de los glóbulos rojos), con la que forma la carboxihemoglobina, bloqueando de este modo la capacidad de la sangre para

oxigenar los tejidos y los diferentes órganos del cuerpo humano. Basta la exposición de una hora, a una concentración de un 0,05%, para que en la sangre se forme

un 20% de carboxihemoglobina. Una concentración del 0,4% en el aire es rápidamente mortal. Los factores que facilitan el envenenamiento por

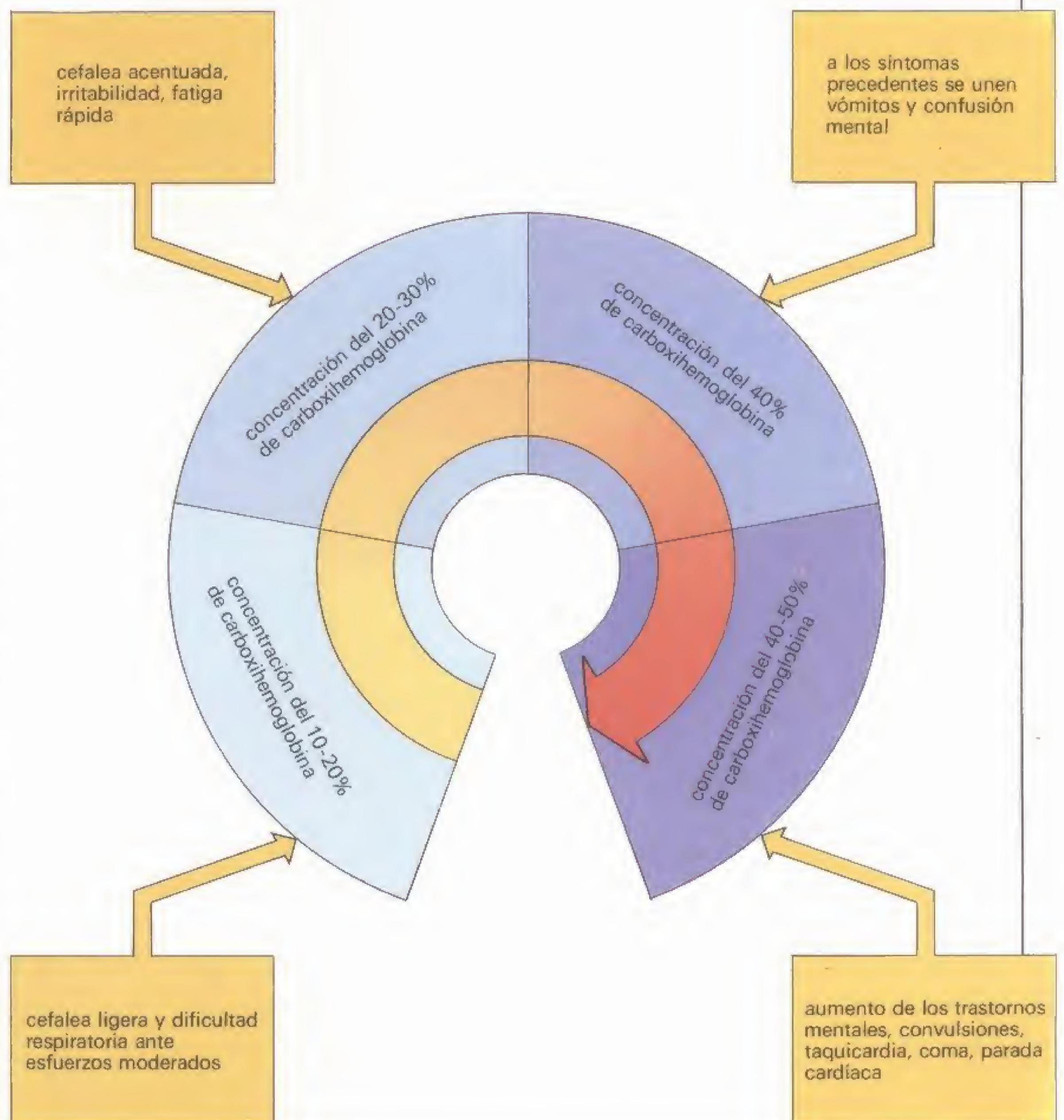
óxido de carbono son: la actividad muscular, la fiebre y el estado de anemia. El nivel de carboxihemoglobina en la sangre determina el tipo de síntomas; así, del 10 al 20%, se

producen cefaleas y moderados trastornos respiratorios; del 20 al 30%, irritabilidad, vómitos y confusión mental; del 40 al 50%, taquicardia, pulso acelerado y muerte.

congénitas), estudiando sus efectos sobre el feto. Los desastres provocados por la talidomida ingerida en el embarazo han hecho de esta sustancia una de los teratógenos más tristemente conocidos.

**Los efectos de multiplicación** Las investigaciones toxicológicas han demostrado que una sustancia, una vez que ha penetrado en el organismo, reacciona químicamente y se transforma en otra u otras. Durante estas transformaciones se crean algunos compuestos intermedios que, según muchos estudios, pueden tener en algunos casos efectos cancerígenos. En Estados Unidos se sintetizan cada año 100.000 nuevos productos, de los que sólo de 5.000 a 10.000 son autorizados para su venta. En la Naturaleza existen muchas sustancias tóxicas cuyos efectos no son peligrosos si se toman de modo aislado. Pero si, por el contrario, coinciden varias de ellas en el organismo, sus combinaciones dan lugar al *efecto de multiplicación*, incrementándose el riesgo de efectos perjudiciales.

En la época de los delitos de la marquesa de Brinvilliers no existían toxicólogos capaces de establecer las causas de la muerte; hoy en día, resolver los enigmas de estos homicidios es un juego de niños. Paradójicamente, los problemas más complicados que se presentan ahora a los expertos son los referentes al descubrimiento e identificación de los venenos presentes en nuestro organismo, derivados de un ambiente saturado de sustancias químicas sintéticas.





# Toxinfecciones alimentarias

**H**ay dos modalidades de intoxicación por alimentos: la primera es la causada por las sustancias tóxicas presentes en ellos, pero que no han sido elaboradas por microorganismos (bacterias); se habla entonces de *envenenamientos alimentarios*. Pueden deberse, bien a que el alimento, de forma natural, sea tóxico (como las setas venenosas), bien a que esté contaminado por insecticidas u otras sustancias nocivas que, de forma incontrolada, se encuentran en el ambiente, o bien a que esté adulterado con aditivos que puedan ser cancerígenos; la segunda modalidad es provocada por la presencia en los alimentos de gérmenes patógenos o toxinas elaboradas por ellos mismos: se habla entonces de *toxinfecciones alimentarias*. Según su origen, las toxinas se diferencian en "endotoxinas" (que no se liberan hasta la muerte de la bacteria) y "exotoxinas" (que se liberan en vida y son mucho más tóxicas).

En 1870, cuando el mundo científico empezaba a estudiar y conocer el mundo microscópico y, en particular, la existencia de las bacterias, el toxicólogo italiano Francesco Selmi descubrió que en los ali-

mentos proteínicos en malas condiciones había unas sustancias similares a las que se forman en los cadáveres, y, suponiendo que las intoxicaciones que a veces se daban en el hombre a causa de estos alimentos se debían a tales sustancias, acuñó el término *tomaínas* (del griego *ptoma*, cadáver) para denominarlas, de manera que "intoxicación por tomaínas" se convirtió con el tiempo en sinónimo de intoxicación alimentaria.

Pero, en realidad, las tomaínas, que son sustancias formadas por las bacterias que descomponen las proteínas, pueden ser tóxicas o inocuas. Además, se producen en nuestro organismo de forma normal, durante determinados procesos metabólicos. El hecho de que un alimento tenga sabor, olor o aspecto desagradable no quiere decir necesariamente que sea peligroso comerlo; en cambio, otro de buen sabor y aspecto puede estar contaminado por bacterias.

Buena parte de las toxinfecciones alimentarias se deben a la presencia de *estafilococos*, que producen algunas toxinas peligrosas. Estos gérmenes, que están muy extendidos en el aire, el suelo, la piel,

la nariz o la garganta, son capaces de multiplicarse en condiciones que para otras bacterias resultan muy desfavorables. Así, aguantan las fuertes concentraciones de azúcar y sal, por lo que los alimentos parcialmente conservados tampoco están libres de ellos.

A su vez, las toxinfecciones alimentarias pueden ser de dos tipos: aquéllas cuya sintomatología tiene que ver, sobre todo, con el aparato digestivo (vómitos, diarreas abdominales), y las que afectan sobre todo al sistema nervioso. Entre estas últimas se encuentra el botulismo, caracterizado por sus manifestaciones paráliticas, sobre todo en los músculos controlados por los nervios craneales (músculos del ojo o de la faringe). Entre las toxinfecciones de sintomatología digestiva, las más frecuentes son las provocadas por salmonellas y estafilococos; la toxina de estos últimos es resistente al calor, mientras que la botulínica, por el contrario, es más lábil ante éste.

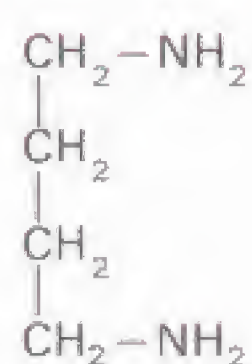
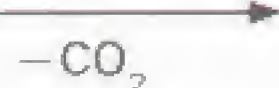
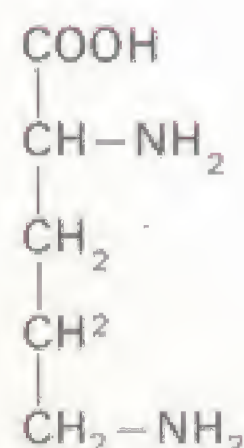
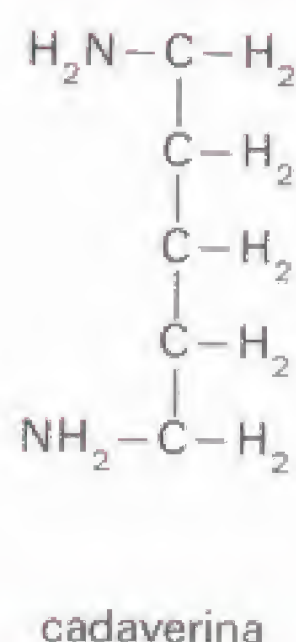
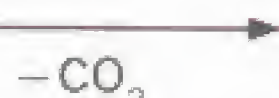
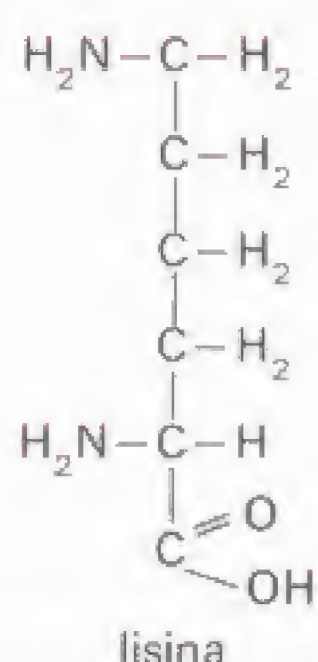
El número de alimentos vulnerables al ataque de estafilococos se ha multiplicado al aumentar la utilización de leche, queso, mayonesa, salsas y carne en la prepa-

Con el término genérico de "tomaínas" se denominaban, hace algunos años, ciertas sustancias que se forman en los procesos de putrefacción de los alimentos de alto contenido proteínico, a las que se consideraba responsables de los envenenamientos por alimentos en mal estado. Las tomaínas son aminas que se forman por

descarboxilación de los aminoácidos (la tiramina a partir de la tirosina, la histamina de la histidina, la cadaverina de la lisina y la putrescina de la ornitina), tras una maduración demasiado prolongada de los productos alimenticios que contienen proteínas. Hoy en día, con el perfeccionamiento de las técnicas de conserva, estas aminas

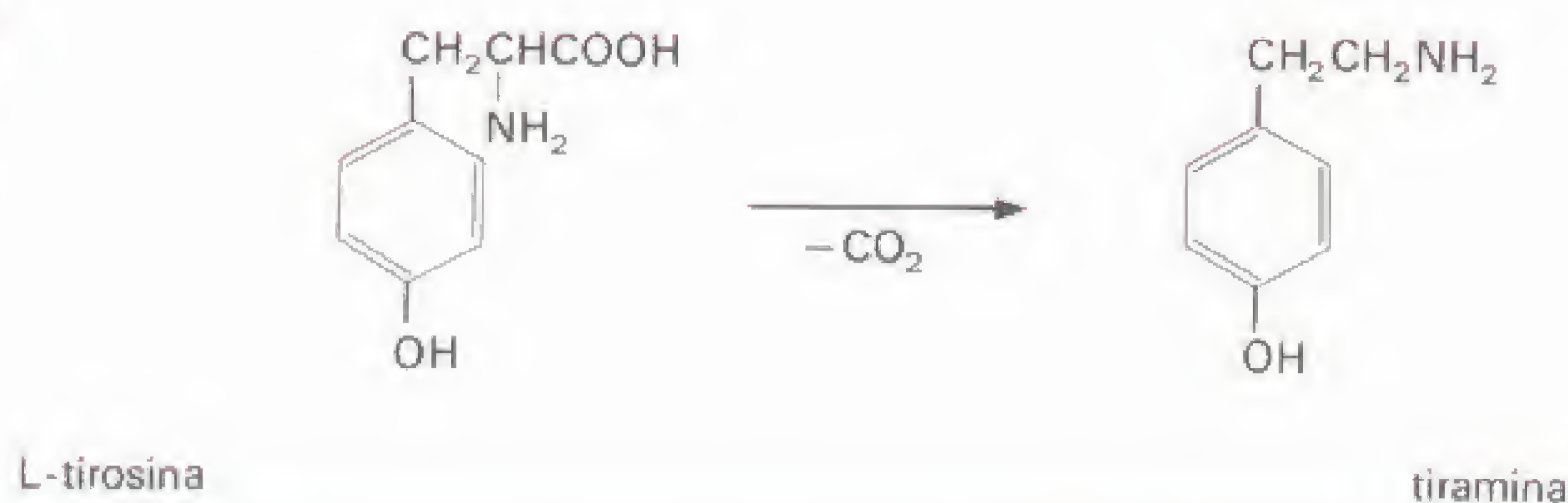
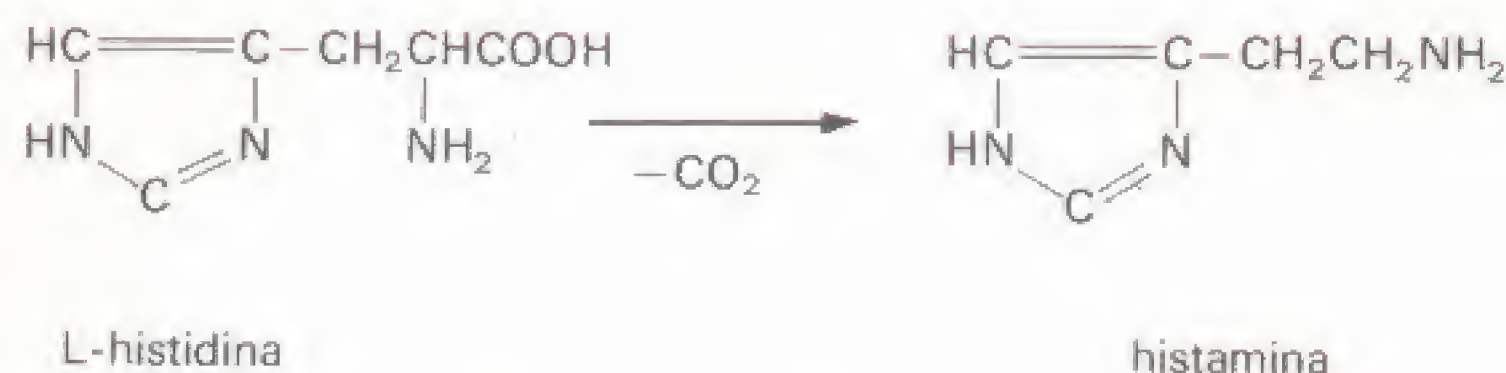
han perdido importancia como indicadores del mal estado de conservación de los alimentos. En cambio, ha cobrado importancia su empleo en farmacología. Algunas aminas (concretamente la histamina y la tiramina) son capaces de desencadenar crisis hipertensivas en sujetos sensibles, de manera que hoy se denominan aminas

presoras o vasoactivas. Entre los alimentos más implicados en estos fenómenos, citaremos los quesos muy madurados (tiraminas) y algunos pescados, como la caballa (histaminas). Al lado se recoge una tabla con algunas toxinfecciones alimentarias, que son las provocadas por la presencia de gérmenes o toxinas en los alimentos.



Agente patógeno	Período de incubación (en horas)
<i>Staphylococcus</i>	1 - 18
<i>Clostridium perfringens</i>	8 - 16
<i>Clostridium botulinum</i>	29 - 96
<i>Escherichia coli</i>	24 - 72
<i>Vibrio paragaemolyticus</i>	6 - 96
<i>Vibrio colerae</i>	24 - 72
<i>Shigella</i> (casos leves)	24 - 72
<i>Salmonella</i>	8 - 48
<i>Clostridium difficile</i>	24 - 72





ración de diversos platos, precocinados o de elaboración inmediata a su consumo. Aunque el alimento tenga buen aspecto, en realidad puede estar lo bastante contaminado como para provocar síntomas de intoxicación al cabo de 1 a 4 horas después de su ingestión. En los casos graves podría incluso sobrevenir un *shock* anafiláctico. De todas formas, los casos mortales son raros, y el individuo afectado suele curar al cabo de unos días.

Hay otras bacterias que causan también intoxicaciones, aunque son menos frecuentes; entre ellas, el *Clostridium botulinum*, agente del botulismo, y las del género *Salmonella*. El botulismo, que suele ser grave, sobreviene, por lo general, cuando los alimentos ingeridos no se han sometido a temperaturas suficientemente altas en los procesos de elaboración y envasado. Las bacterias del género *Salmonella*, cuando se reproducen en el intestino, causan síntomas, como náuseas y vómitos, al cabo de 18 a 72 horas después de la ingestión.

Véase **Bacterias; Toxicología**

#### TOXINFECCIONES ALIMENTARIAS

	Vómito	Diarrea	Epidemiología	Patogenia	Manifestaciones clínicas
	+++	+	los estafilococos crecen en la leche y carnes, produciendo enterotoxinas	la enterotoxina es absorbida y actúa sobre los receptores intestinales, que transmiten impulsos a los centros medulares	comienzo agudo, con vómitos que pueden durar de 24 a 48 horas; afecta a grupos de personas que hayan comido los mismos alimentos; por lo general, no es necesaria ninguna terapia, salvo el aporte de líquidos
	±	+++	los clostridios crecen en las carnes recalentadas produciendo también enterotoxinas	la enterotoxina es la causa del aumento de secreción de líquidos en el intestino delgado	inicio agudo, diarrea, vómitos; curación al cabo de 1 a 4 días; aporte de líquidos; los clostridios están presentes en el coprocultivo
	±	pocas veces	los clostridios crecen en los alimentos envasados al vacío o enlatados defectuosamente, produciendo toxinas	la toxina absorbida en el intestino bloquea la acetilcolina a nivel de las conexiones neuromusculares	diplopía, disfagia, disfonía, dificultades respiratorias, rara vez vómitos, terapia con antitoxina y respiración controlada; alta mortandad
	±	++	microorganismos que crecen en el intestino y producen toxinas; pueden invadir el epitelio superficial	la toxina causa hipersecreción en el intestino delgado ("diarrea de los viajeros")	diarrea que se inicia de forma aguda; rara vez vómitos; infección grave en el recién nacido, que requiere terapia antibiótica y líquidos; en adultos, remite al cabo de 1 a 3 días sin necesidad de antibióticos; eventualmente, desinfectantes
	+	++	microorganismos que crecen en los pescados y en el intestino, produciendo toxinas; pueden invadir el epitelio	la toxina causa hipersecreción en el intestino delgado; las heces pueden contener sangre	diarrea aguda en sujetos que han ingerido los mismos alimentos, sobre todo pescado y crustáceos; rara vez sangre y moco en las heces; curación al cabo de 1 a 3 días; suministrar líquidos; coprocultivo positivo
	+	+++	microorganismos que crecen en el intestino y producen toxinas	la toxina causa hipersecreción	diarrea aguda en áreas endémicas; suministrar en seguida líquidos en abundancia; terapia con tetraciclina; coprocultivo positivo
	±	++	microorganismos que crecen en el intestino, en el epitelio y en el lumen; producen toxinas	el germen invade el epitelio, que se descama; en las heces hay sangre y moco; la <i>Shigella dysenteriae</i> produce toxinas	diarrea aguda, a menudo con sangre y pus; calambres abdominales; letargo; terapia con ampicilina y cotrimosazol; a menudo, la curación es espontánea; coprocultivo positivo
	±	++	organismo que crece en el intestino; no produce toxinas	infección superficial del intestino, con escasa tendencia invasiva	diarrea y fiebre baja, cuyo inicio puede ser agudo o gradual; suministrar líquidos y sales; no suministrar antibióticos si no existe la sospecha de diseminación sistemática; hemocultivos negativos
	+	+++	cuando se están tomando fármacos, como, por ejemplo, clindamicina	la toxina causa necrosis del epitelio del colon, con colitis pseudomembranosa	puede surgir a raíz de una intervención quirúrgica en el abdomen; inicio agudo con diarrea y sangre en las heces; toxina presente en estas últimas



# Tractor

Una de las máquinas utilizadas con más frecuencia en las explotaciones agrarias es el tractor, que en la actualidad ha sustituido casi por completo a los animales de tiro en los trabajos agrícolas de los países desarrollados. Al principio, los tractores, dotados de motores de combustión interna, se montaban sobre pesados bastidores y eran tan sólidos que sirvieron como estructura para los carros blindados militares construidos durante la I Guerra Mundial. Cuando, con el paso del tiempo, se aplicó la tecnología automovilística a las exigencias agrícolas, disminuyó notablemente el peso de los tractores, y a finales de los años veinte los neumáticos sustituyeron a las iniciales ruedas de acero, permitiendo a estas máquinas agrícolas trabajar en cualquier tipo de superficie y en fincas de cualquier extensión.

**Los modernos tipos de tractores** Los modernos tractores sirven fundamentalmente para arrastrar vehículos de carga y muy diferentes tipos de maquinaria agrícola. Aunque se emplean sobre todo en las tareas agrícolas, también son muy utilizados en obras públicas.

Los modelos existentes en la actualidad se pueden agrupar en cuatro categorías: triciclos, tractores de cuatro ruedas, de orugas, y de dos ruedas o de eje único. Los tractores de dos ejes, y sobre todo los de orugas, son los que mejor se adaptan por su potencia y dimensiones a una amplia gama de trabajos más o menos pesados. Los triciclos están dotados de un eje posterior con neumáticos de gran grosor y anchura para adherirse lo mejor posible al terreno. Estos vehículos, de tracción posterior, disponen de una única rueda delantera, relativamente pequeña, o de dos muy próximas entre sí. Suelen utilizarse sobre todo en los cultivos de siembras alineadas.

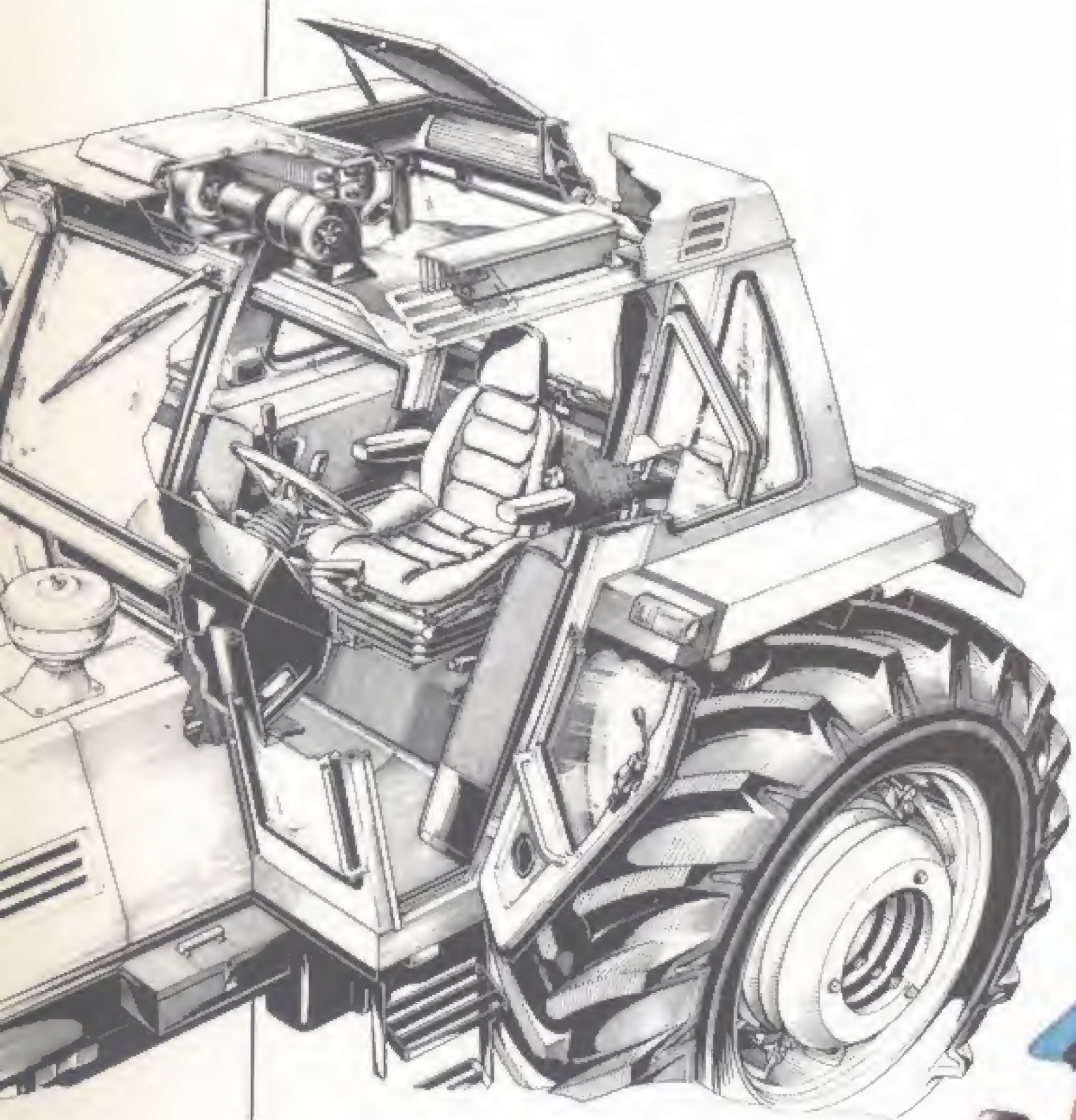
Los tractores de cuatro ruedas, más estables que los triciclos, disponen también de neumáticos mayores en las ruedas posteriores y más pequeños en las anteriores, aunque la distancia entre estas últimas es casi la misma, de forma que ambos pares de ruedas se encuentran prácticamente alineados. Pueden ser fabricados con un motor auxiliar en las ruedas anteriores; en este caso, la adherencia al suelo es mayor y el consumo de carburante es menor con respecto a los de tres o cuatro ruedas, de tracción sólo posterior. Cada vez se emplean más las versiones con tracción en las cuatro ruedas, muy útiles sobre todo en terrenos blandos, como los arrozales, o terrenos arenosos. En la actualidad, los tractores de cuatro ruedas son los más difundidos entre los agricultores. Los neumáticos son siempre de goma, y sólo en algunos casos muy especiales, y para trabajos verdaderamente difíciles y complicados, se utilizan ruedas de acero con paletas que se clavan en el terreno.

En la actualidad, el motor, la caja de cambios y la transmisión se fabrican inte-

grados en un solo bloque (*monobloc*), de forma que no se necesita bastidor independiente.

Los tractores orugas se mueven sobre dos cadenas sin fin, una a cada lado del vehículo, formadas por anchas placas de acero que se engranan alrededor de las ruedas motrices. Durante los años setenta, los tractores con tracción en las cuatro ruedas sustituyeron en casi todas las tareas agrícolas a los tractores orugas, debido a su menor coste y a sus múltiples aplicaciones. Sin embargo, los orugas se siguen utilizando aún para trabajos en los que se requiere gran adherencia y baja presión sobre el suelo. Los tractores de un solo eje son pequeños y poco potentes y se emplean sobre todo para trabajar en prados y jardines. El motor está situado generalmente en la zona delantera y los aperos se enganchan a una barra situada detrás del eje.

Exceptuando los tractores de dos ruedas, diseñados para ser conducidos por una persona que camina detrás, todos los demás modelos son controlados por un conductor sentado sobre el tractor. Los tractores modernos suelen disponer de una cabina para el tractorista, no sólo como protección contra las inclemencias del tiempo sino también como defensa en caso de vuelco del vehículo. Los modelos de cuatro ruedas o los triciclos se conducen mediante un volante; los de un eje único, con un manillar; y los de orugas, accionando dos palancas que actúan sobre sendos embragues que permiten a la oruga en movimiento girar el tractor hacia el lado de la otra oruga, parada o con un movimiento más lento. Las ruedas tractoras posteriores o los diferenciales de los tractores de ruedas o de orugas están dotados de frenos de tambor o de disco. Estos



Sobre estas líneas, diseño de la cabina de un tractor moderno. Dispone de una trampilla superior de seguridad, según las más severas normas de homologación; puertas de acceso completamente acristaladas; revestimiento interior de material fonoabsorbente para reducir el ruido; cristales atérmicos de amplia superficie de visibilidad; sistema de acondicionamiento con filtrado de aire exterior; dirección hidrostática mediante



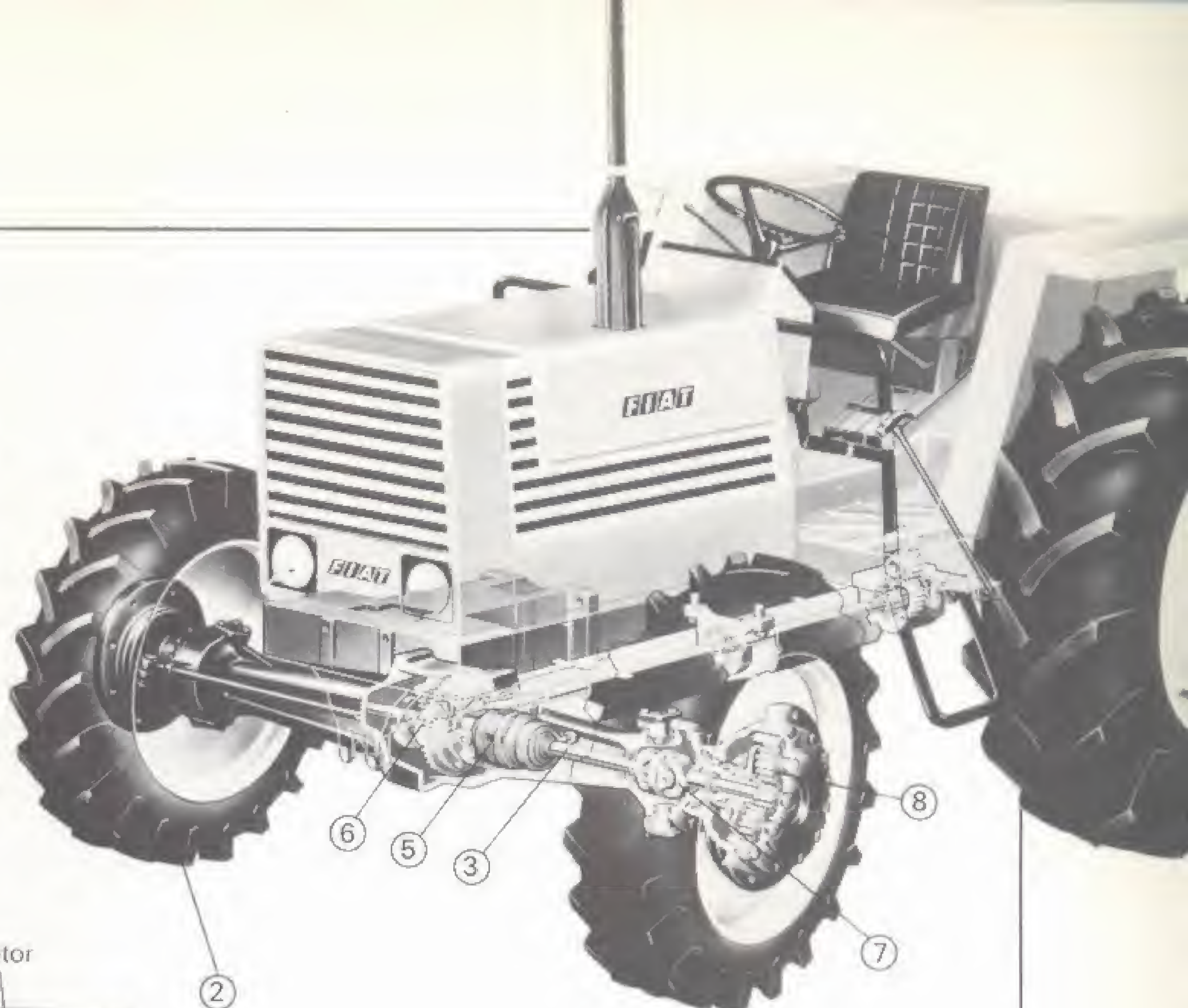
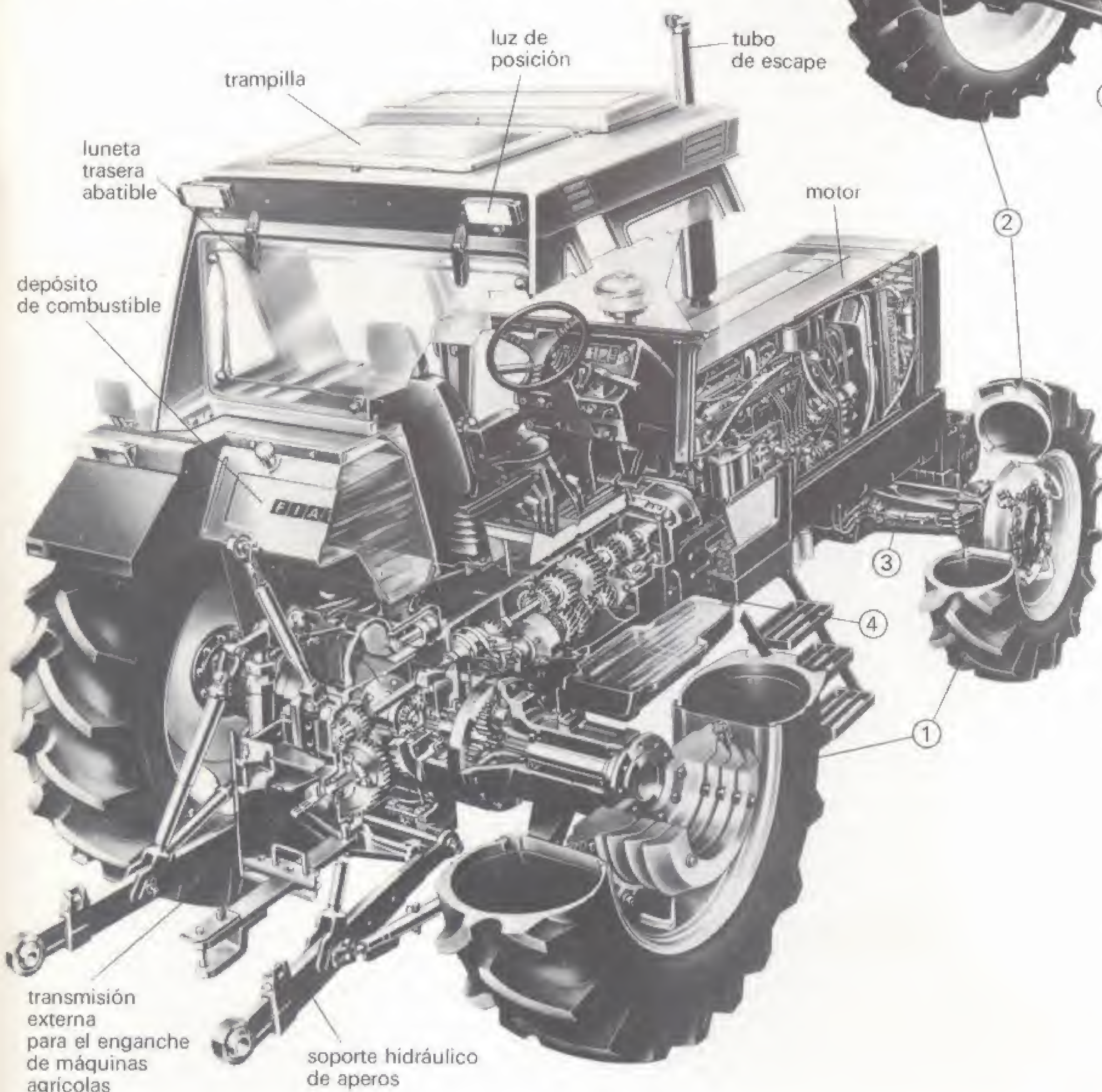
→ circuito independiente; altura e inclinación del volante variables. El conjunto está unido a una plataforma suspendida sobre un *silent-block*, que la aíslan de todo ruido o vibración y ofrece un notable confort al conductor.



Abajo, sección de un tractor; (1) distribución óptima del peso según la relación 40% delante y 60% detrás; (2) ruedas anteriores de gran tamaño con neumáticos anchos para aumentar la superficie de contacto con el suelo; la gran adherencia producida por la tracción de las cuatro ruedas, unida a las

características 1 y 2, se aprecia sobre todo cuando se trabaja en pendientes, ya que se reduce el riesgo de deslizamiento y se facilita el frenado; (3) eje anterior con estructura de gran resistencia, con la máxima altura posible desde el suelo; (4) eje de transmisión central, alineado y sin juntas, situado en posición elevada y protegida.

A la derecha, (5) bloqueo hidráulico del diferencial; (6) diferencial central de estructura compacta y de dimensiones reducidas; (7) junta homocinética del tipo de doble cardan, completamente protegida y estanca; (8) reductores epicicloidales de gran diámetro, situados en el interior del cubo de cada rueda.



permiten frenar cada rueda por separado para que el tractor pueda efectuar giros muy cerrados, casi sobre sí mismo.

**Elementos principales** Los principales elementos de un tractor son el motor, la transmisión y el embrague.

Los motores de los tractores pueden ser de cuatro tiempos —gasolina— o del tipo Diesel. Se diferencian de los motores normales de automóvil en que están diseñados para funcionar a pequeña velocidad, generalmente de 6 a 15 km/h en el campo o caminos de tierra y hasta 32 km/h en carretera. Los tractores más grandes de cuatro ruedas disponen de una potencia de hasta 500 CV, mientras que los más pequeños sólo alcanzan los 10 CV. Los pequeños tractores empleados en los jardines tienen, por lo general, una potencia comprendida entre 5 y 10 CV.

Los motores de mayor potencia se alimentan generalmente con gas-oil, aunque también se utilizan la gasolina y el gas líquido derivado del petróleo. En los años setenta, se investigó sobre el empleo del alcohol como carburante.

Los mecanismos que ponen en movimiento los diferentes accesorios están constituidos por un eje que puede ser conectado o desconectado, manual o hidráulicamente, a la transmisión del vehículo y que funciona independientemente de la velocidad del tractor. Estos mecanismos disponen de dos velocidades diferentes según el trabajo que deban desempeñar.

**Otros usos** Los tractores industriales o los utilizados en la construcción se basan en el mismo principio que los agrícolas, pero son más pesados y capaces de alcanzar mayor velocidad en carretera. Están diseñados fundamentalmente para arrastrar y poner en movimiento maquinaria para la construcción y la excavación, como palas excavadoras, cargadoras y transportadoras de tierra.

Bajo estas líneas, un tractor sobre orugas. De la adherencia al terreno se encargan

34 placas metálicas, a cada lado, provistas de uñas que se incrustan en el suelo. La

velocidad oscila entre los 1,54 km/h, en primera, a los 11,29 en octava marcha hacia

delante. Las cuatro marchas atrás van desde los 2,8 a los 7,03 km/h.



Véase Maquinaria agrícola



## Tráfico, control del

**S**i alguna vez se ha quedado atrapado en un atasco de tráfico, le parecerá difícil creer que desde épocas muy antiguas el control y la regulación del movimiento de vehículos ha sido motivo de preocupación para las autoridades civiles, y, quizá, uno de los problemas que se ha afrontado con mayor atención.

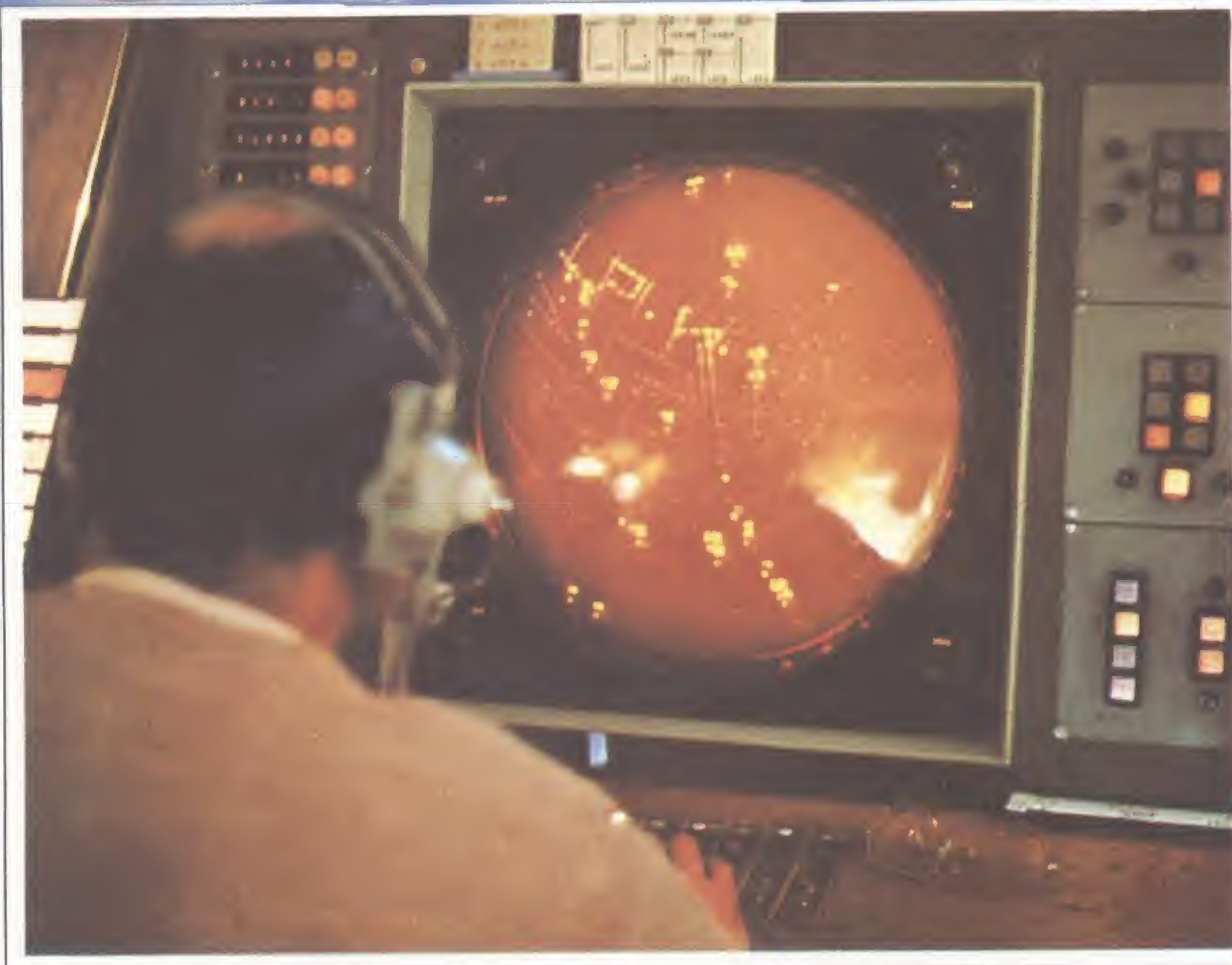
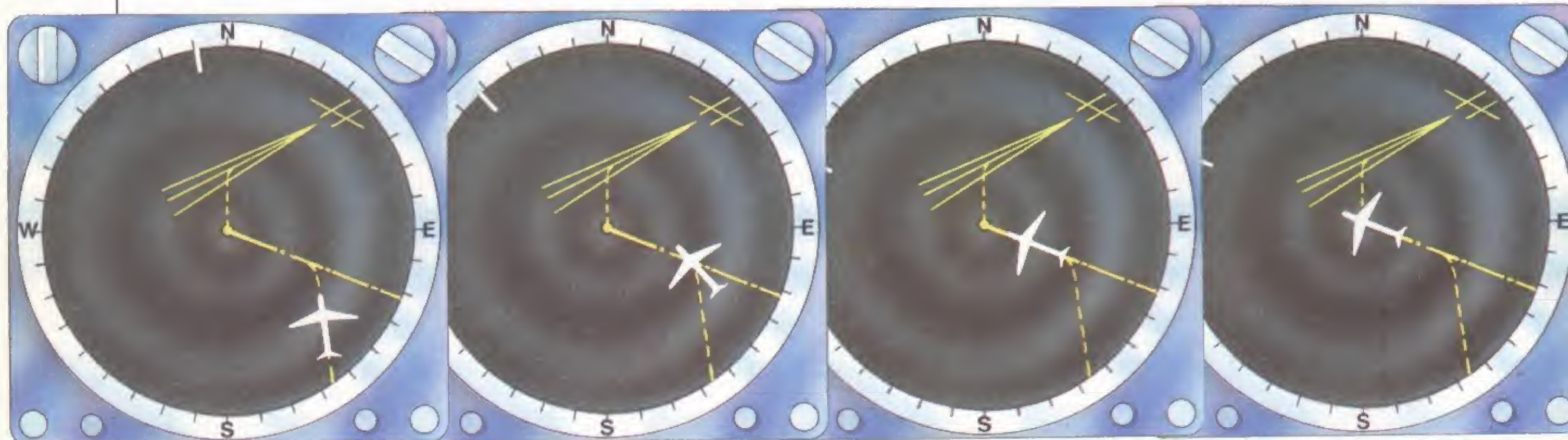
Sin embargo, este problema se ha agravado de forma alarmante en los últimos años, debido al enorme aumento de vehículos. En Estados Unidos, por ejemplo, en un lapso de menos de cuarenta años, el número de vehículos, así como la media de kilómetros recorridos por cada uno de ellos, han aumentado en un 300%, mientras que la red de carreteras, en el mismo período, sólo ha aumentado en un 10%.

En la actualidad, para intentar resolver los complejos problemas de tráfico, se recurre a una serie de severas disposiciones (entre las que se encuentran la imposición de límites de velocidad, la limitación de las áreas de aparcamiento, etc.) y

a sistemas de control, como la adopción de carreteras de sentido único, y el empleo de semáforos y de señales de tráfico. También los transportes aéreos y los ferroviarios se regulan mediante sistemas especiales de control. Los aspectos que se refieren a la seguridad y a la eficiencia de los transportes han cobrado también mayor importancia con el aumento de la velocidad y de la concentración de los distintos tipos de vehículos. Así, el desarrollo de la tecnología de los ordenadores ha desembocado en el empleo de sofisticados dispositivos de detección y de control del tráfico que han permitido reducir la peligrosidad de los viajes modernos. En los centros de control del tráfico aéreo, por ejemplo, las señales recibidas por los radares y los radiofaros son introducidas en los ordenadores, lo que permite efectuar una vigilancia continua del recorrido de un avión, desde el despegue hasta el aterrizaje. También para los transportes ferroviarios se utilizan distintas técnicas:

identificación automática de los vagones, red automática de teleinformación ferroviaria y registro en lenguaje universal, todas ellas controladas también por ordenadores electrónicos.

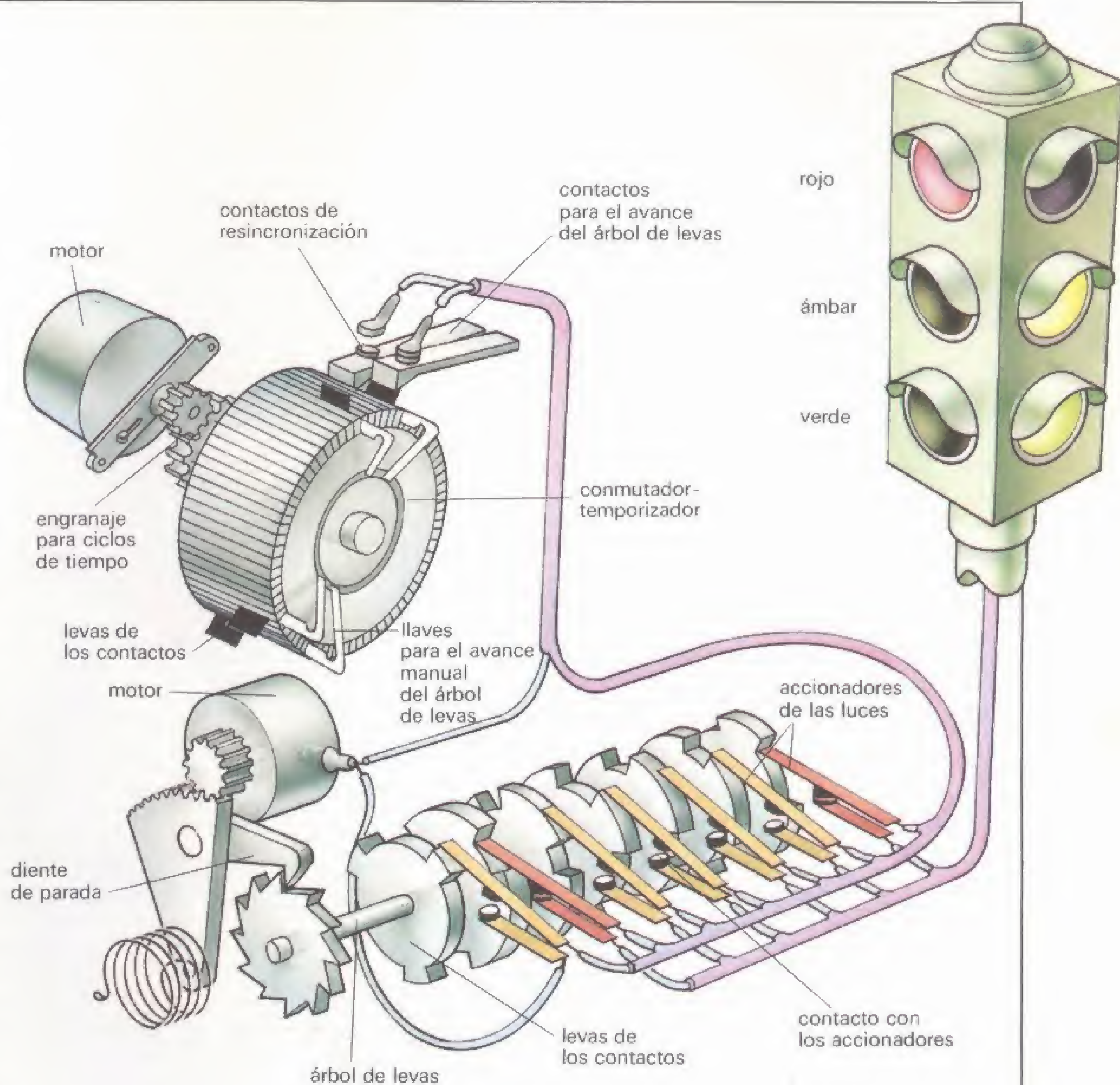
**Los semáforos** Los semáforos son los dispositivos de control de tráfico más difundidos, demostrando ser indispensables para regular el flujo de vehículos en las grandes ciudades. En el Reino Unido, por ejemplo, existen aproximadamente ocho mil semáforos, de los cuales, unos dos mil se encuentran en Londres. Los semáforos interrumpen o permiten el paso de los vehículos mediante señales luminosas de color rojo, verde y ámbar, que son encendidas a intervalos regulares controlados electrónicamente. La duración del encendido de la luz roja y de la verde puede ser controlada según una temporización prefijada o por medio de un dispositivo capaz de detectar la frecuencia de tránsito de vehículos. Generalmente se utilizan





tres combinaciones distintas: una para las horas punta del día, otra para la noche y una tercera para el resto de la jornada. Los detectores de tráfico están diseñados para hacer variar los intervalos de encendido de las luces roja y verde en función del flujo real de vehículos en la zona controlada por el dispositivo, en particular, permitiendo, tanto al tráfico automovilístico como al peatonal, proceder del modo más seguro y rápido posible. Los sensores del detector pueden montarse sobre soportes adecuados en los cruces o empotrarse en la propia calzada. Existen equipos electrónicos con sensores de superficie capaces de distinguir y controlar hasta doce posibilidades distintas independientes del movimiento del tráfico en un cruce, incluida la de solicitud de paso por el peatón mediante un botón. Los semáforos controlados por detectores de tráfico suelen estar enlazados a una red coordinada por un ordenador cuya función consiste en regular las instalaciones de semáforos en las principales arterias de la ciudad. Una unidad de control principal se encarga de la supervisión de un cierto número de informaciones suministradas por sensores secundarios, con el fin de sincronizar el mando de los semáforos y de optimizar el flujo de tráfico para una velocidad determinada.

**Los centros de control de tráfico** Del mismo modo que existen centros de control que regulan el tráfico aéreo, muchas áreas metropolitanas han creado centros de control de tráfico rodado para el seguimiento y regulación de la circulación de vehículos en las principales arterias urbanas y periféricas. Las informaciones sobre el tráfico y sobre las condiciones de viabilidad son suministradas a estos centros por varias vías: ordenadores enlazados a la red de detectores de tráfico de las instalaciones de semáforos de la ciudad; instalaciones de televisión por circuito cerrado que registran el paso de vehículos; comunicaciones por radio de las patrullas de policía que vigilan las grandes arterias, y equipos de radar de vigilancia. En casos de emergencia, el centro de control de tráfico puede sustituir a los equipos automáticos en el control de las instalaciones de semáforos. Los datos sobre las condiciones de las carreteras son muy útiles para elegir el tipo de información y de advertencias que deben aparecer en las señales de tráfico controladas electrónicamente (indicaciones de reducción de velocidad, desviaciones del tráfico hacia carreteras menos congestionadas, señalizaciones de accidentes, etc.). Todas las informaciones recibidas en estos centros de control se almacenan en bancos de datos; más tarde serán analizadas con el fin de determinar las condiciones que permitan una futura mejora de los equipos de control y de la red de carreteras.



En la página anterior, un operador de radar vigila la pantalla siguiendo la ruta de los aviones que entran

en su campo de visión. Arriba, representación esquemática de los mecanismos que regulan el

funcionamiento de un semáforo. La duración del tiempo de encendido de las luces del semáforo puede

ser variada en función de la intensidad del tráfico. Abajo, estación de control de tráfico ferroviario.





# Tráfico aéreo, control del

**A** primera vista podría pensarse que los aviones vuelan por los cielos abiertos sin ningún tipo de control. Naturalmente, no es así. La necesidad de garantizar la seguridad y la fluidez del tráfico aéreo en la proximidad de los aeropuertos y en las rutas aéreas obliga a los pilotos a respetar unas normas o reglas de conducta —dictadas por las autoridades aeronáuticas de los distintos países, pero bastante homologados por obra de la OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional)— que suponen una especie de código de la circulación aérea. Estas normas son de dos clases muy diferentes. La primera es la llamada VFR (*Visual Flight Rules*, normas de vuelo visual), que corresponde a la situación en la que el piloto es capaz de ver en la dirección de vuelo y advertir el posible tráfico en las cercanías del aparato. Las normas VFR se indican en los distintos mapas aeronáuticos, y pueden variar en los distintos países.

El segundo grupo de normas, o IFR (*Instrumental Flight Rules*, normas de vuelo instrumental), define las modalidades de vuelo en condiciones de escasa visibilidad debida a la presencia de nubes, lluvia, nieve, niebla, etc., y reciben este nombre porque en tales circunstancias el piloto se ve asistido por un sistema instrumental, formado por los equipos de a bordo y por las instalaciones y el personal especializado del control aéreo en tierra, que le proporciona información precisa para realizar las maniobras de aproximación, aterrizaje, etc. Este sistema, tanto en lo que se refiere a las instalaciones de a bordo como a las de tierra, se fundamenta en el radar y las radiocomunicaciones, aunque más recientemente ha incorporado sofisticados dispositivos automáticos. Entre estos sistemas destacan el ILS (*Instrumental Landing System*), que proporciona las indicaciones de aproximación y aterrizaje, y el VOR (*VHF Omnidirectional Range*), que permite seguir las aerovías que, a modo de caminos, conducen de unos aeropuertos a otros.

Para el piloto que vuela en condiciones de IFR, el cielo puede aparecer como una masa grisácea y algodonosa, pero para el controlador del tráfico aéreo, este mismo cielo aparece representado en una pantalla de radar llena de puntitos amarillos, cada uno de los cuales representa un avión. Cada puntito tiene asociada una tarjeta de datos que lo identifica mediante un número y que indica la velocidad, altura y ruta del avión. Cuando dos puntos se encuentran en rutas concurrentes, el controlador de tráfico aéreo ordena a uno de los dos aparatos el cambio de altura o ruta apropiado para evitar la colisión.

**Control terminal y control de ruta** El control de tráfico aéreo se realiza en las áreas terminales, en las cercanías de los aeropuertos y en las rutas.

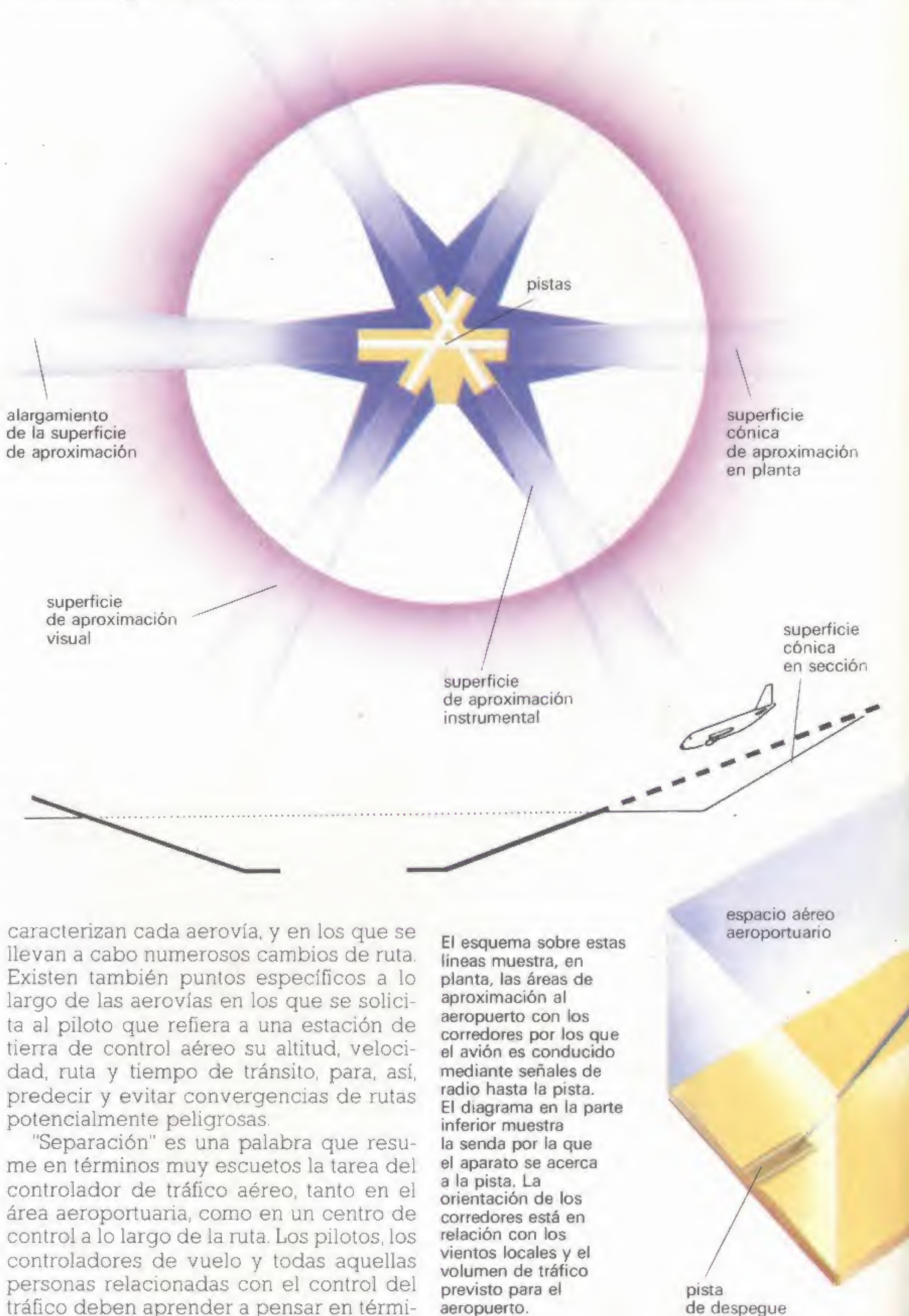
Los aeropuertos de gran tráfico están inscritos en un espacio aéreo de control que puede extenderse hasta una altura de 9.150 m y cubrir un círculo de aproxima-

damente 32 km de diámetro. En el interior de este espacio, el vuelo es estrictamente controlado desde tierra. Los aviones deben ser equipados con los instrumentos necesarios para el vuelo IFR, y los pilotos deben poseer una licencia para este tipo de vuelo instrumental.

El control de tráfico aéreo en ruta con radioayudas sigue cada uno de los vuelos desde el punto de despegue hasta el de aterrizaje. Las normas de vuelo han sido concebidas para mantener separadas las rutas de los aviones desde el comienzo hasta el final del vuelo. Estas separaciones se comprueban continuamente en puntos específicos de convergencia, determinados por las sendas de radio que

nos tridimensionales (arriba, abajo y alrededor) y en términos de tiempo real. Así, la velocidad de un reactor puede ser cuatro o cinco veces superior a la de un avión más pequeño: el punto de colisión potencial puede distar muchas millas, pero las medidas de prevención deben ser tomadas inmediatamente.

Para satisfacer dichas medidas, el controlador dispone de gran cantidad de elementos o instrumentos electrónicos altamente sofisticados. Los "transportadores" instalados a bordo de los aviones transmiten automáticamente los datos de identificación, altura, ruta y velocidad, que serán integrados en la tarjeta de la pantalla del radar de tierra. Los sistemas de radioa-



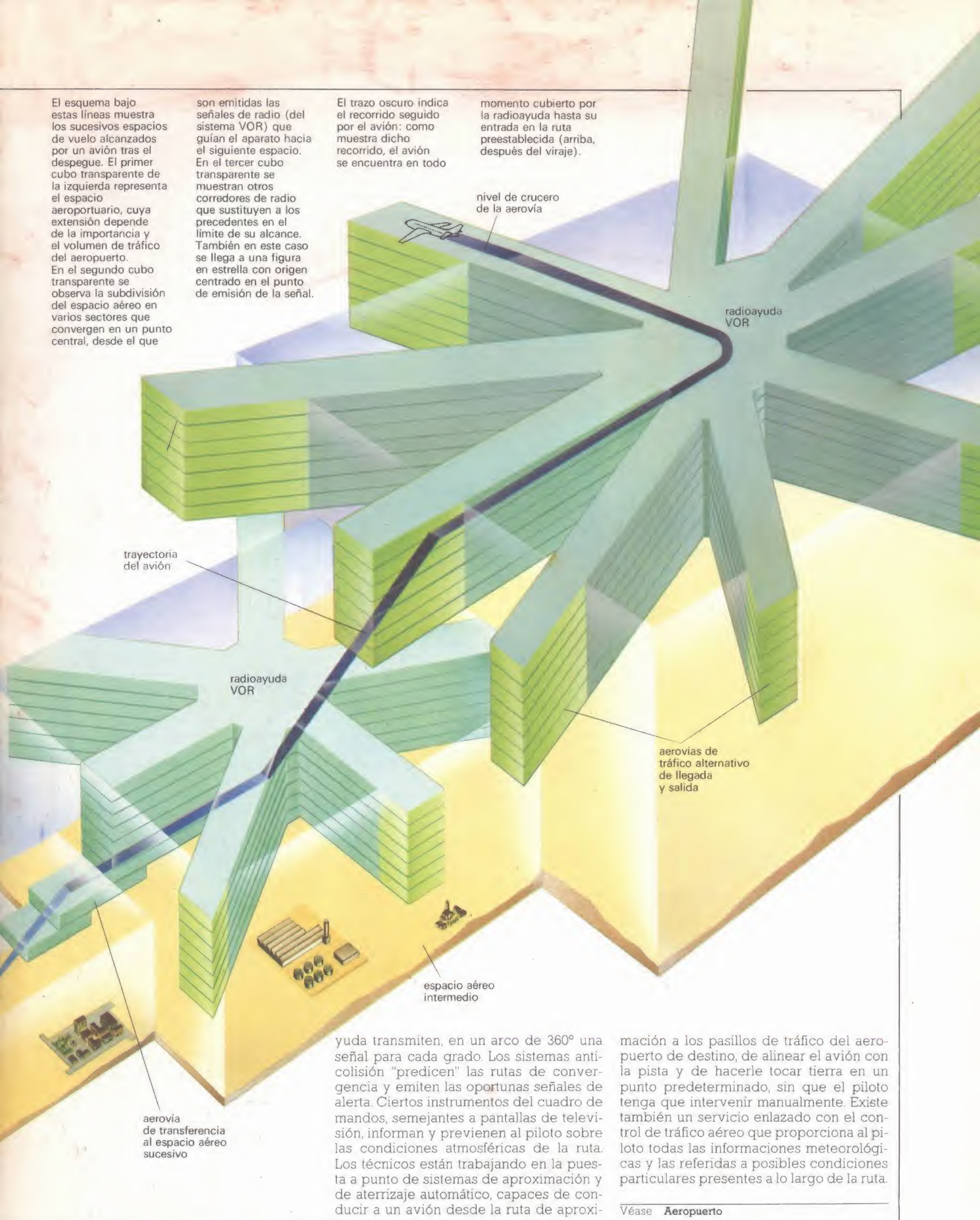


El esquema bajo estas líneas muestra los sucesivos espacios de vuelo alcanzados por un avión tras el despegue. El primer cubo transparente de la izquierda representa el espacio aeroportuario, cuya extensión depende de la importancia y el volumen de tráfico del aeropuerto. En el segundo cubo transparente se observa la subdivisión del espacio aéreo en varios sectores que convergen en un punto central, desde el que

son emitidas las señales de radio (del sistema VOR) que guían el aparato hacia el siguiente espacio. En el tercer cubo transparente se muestran otros corredores de radio que sustituyen a los precedentes en el límite de su alcance. También en este caso se llega a una figura en estrella con origen centrado en el punto de emisión de la señal.

El trazo oscuro indica el recorrido seguido por el avión: como muestra dicho recorrido, el avión se encuentra en todo

momento cubierto por la radioayuda hasta su entrada en la ruta preestablecida (arriba, después del viraje).



yuda transmiten, en un arco de 360° una señal para cada grado. Los sistemas anti-colisión "predicen" las rutas de convergencia y emiten las oportunas señales de alerta. Ciertos instrumentos del cuadro de mandos, semejantes a pantallas de televisión, informan y previenen al piloto sobre las condiciones atmosféricas de la ruta. Los técnicos están trabajando en la puesta a punto de sistemas de aproximación y de aterrizaje automático, capaces de conducir a un avión desde la ruta de aproxi-

mación a los pasillos de tráfico del aeropuerto de destino, de alinear el avión con la pista y de hacerle tocar tierra en un punto predeterminado, sin que el piloto tenga que intervenir manualmente. Existe también un servicio enlazado con el control de tráfico aéreo que proporciona al piloto todas las informaciones meteorológicas y las referidas a posibles condiciones particulares presentes a lo largo de la ruta.

Véase **Aeropuerto**



# Trampas

**A** l atardecer, un elefante se mueve ruidosamente por la selva, caminando con fuertes pisadas sobre un lecho de hojas y ramas. De pronto, cae dentro de una fosa oculta bajo una fina capa de ramillas y hojas, mientras brama con furia. Aunque la fosa no es muy profunda, el voluminoso animal es incapaz de salir de ella debido a su casi total incapacidad para saltar.

Este ejemplo demuestra que para capturar un animal hacen falta dos requisitos: conocer a la presa y utilizar la trampa más adecuada.

**El uso de las trampas** *Trampa* es un término genérico con el que se denomina cualquier dispositivo que sirva para capturar animales.

Hay trampas que requieren la intervención del hombre, pero casi todas ellas son puestas en funcionamiento por las mismas víctimas de forma involuntaria, haciendo saltar algún tipo de mecanismo. También hay trampas pasivas, es decir, no mecánicas, que capturan a los animales encerrándolos en jaulas o redes de las que no pueden después salir. Es el caso, por ejemplo, de las redes utilizadas para pescar.

El uso de las trampas se remonta a épocas muy antiguas, como queda reflejado en multitud de restos arqueológicos. Desde entonces no se habían producido muchos cambios sustanciales en los distintos modelos de trampas hasta que, en época bastante reciente, se inventó el cebo.

**Trampas terrestres** Existen cuatro tipos básicos de trampas para capturar a los animales terrestres: el *cebo*, el *lazo*, la *jaula* y las trampas primitivas o improvisadas, como la *de peso* y la *fosa*.

El primer cebo fue construido en 1823 por el neoyorquino Sewall Newhouse. A lo largo de los años, este tipo de trampa ha experimentado numerosas modificaciones, aunque los principios básicos ideados por Newhouse siguen siendo los



mismos. El resorte, activado por el peso del animal al pisar un pedal metálico rectangular o circular situado en el centro del mecanismo, suelta las dos quijadas de acero, que se cierran aprisionando la pata de aquél.

En la actualidad se construyen cebos que matan a la presa para evitar que sufra, se lacere, o se arranque una pata al intentar huir. Una variante del cebo es la *trampa Conibear*, que mata al animal aplastándolo entre dos paredes rígidas de red metálica.

El *lazo* consiste en una cuerda o hilo metálico con una lazada y un nudo espe-

cial en un extremo. Si un animal introduce una parte de su cuerpo por el lazo, él mismo, al empujar, hace que éste se cierre y le mantenga sujeto. El lazo puede estar atado a un palo o un árbol doblado, de manera que cuando la presa es atrapada, el palo se suelta, enderezándose y dejando al animal colgado en el aire. En muchos casos, la víctima es atacada por los predadores antes de morir de hambre o congelación.

La trampa de lazo, a pesar de su eficacia, no es selectiva, por lo que no es muy adecuada para capturar un tipo de animal determinado; hay muchos animales que

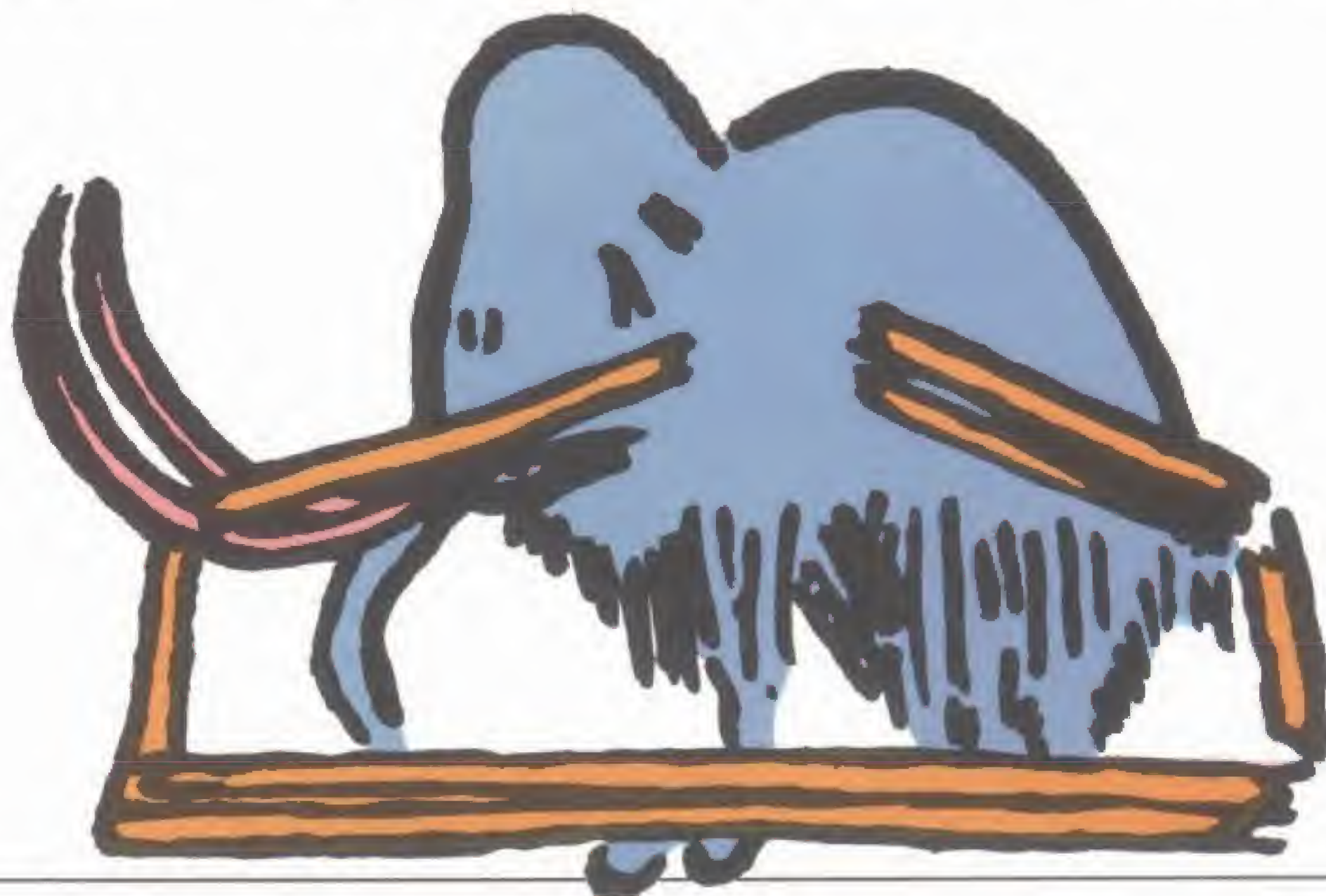


Abajo, una trampa para mamuts construida por el hombre prehistórico, que podemos conocer gracias a una pintura

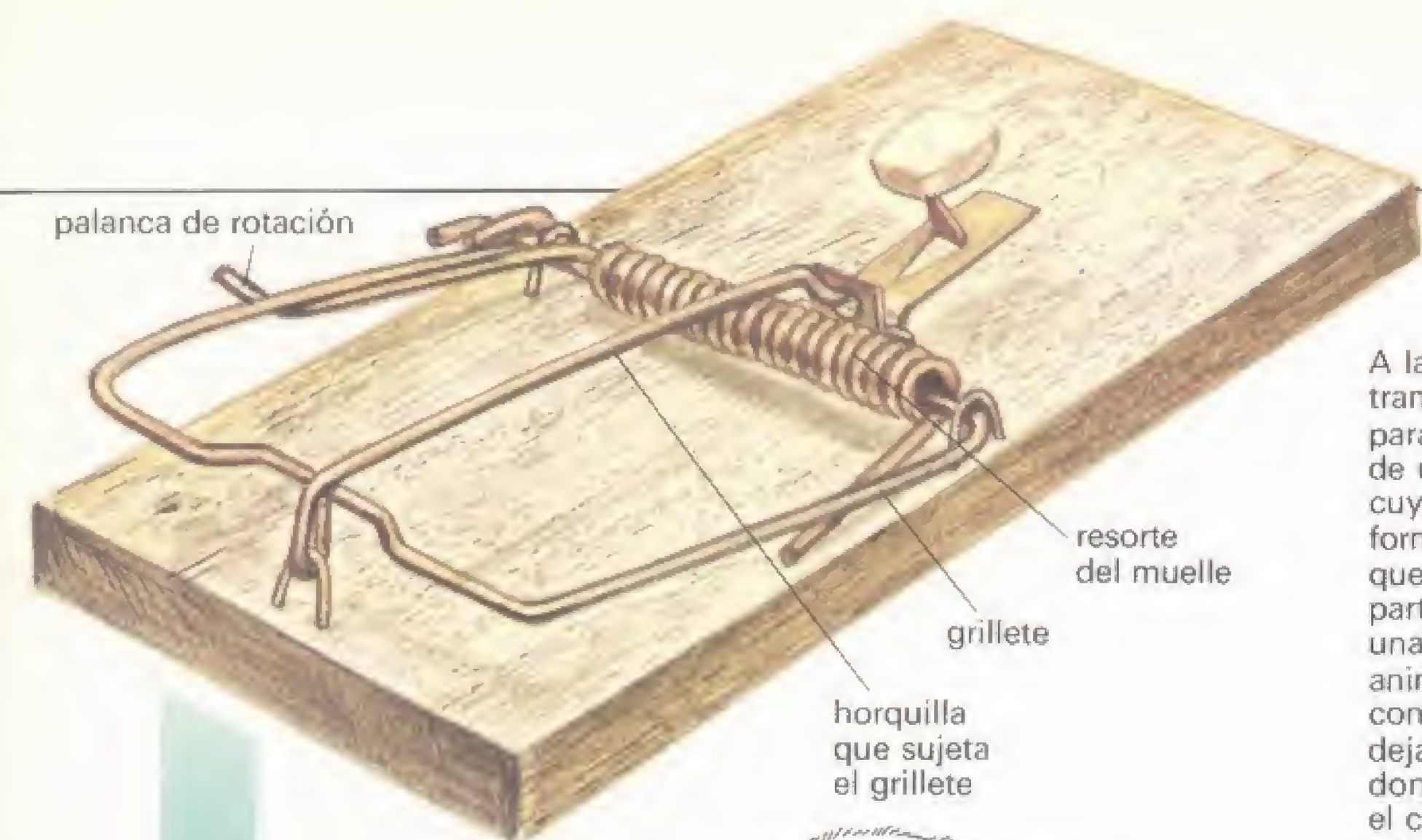
rupestre. Arriba de la página, un petirrojo que ha quedado atrapado por una fina red colocada entre el ramaje. En el ángulo

inferior izquierdo, una miniatura de un código del siglo XV sobre la caza, en el que se puede observar una trampa para lobos.

Se trata de un recinto en cuyo centro se deja un cordero como cebo; una vez dentro, los lobos no pueden salir ni saltar fuera.

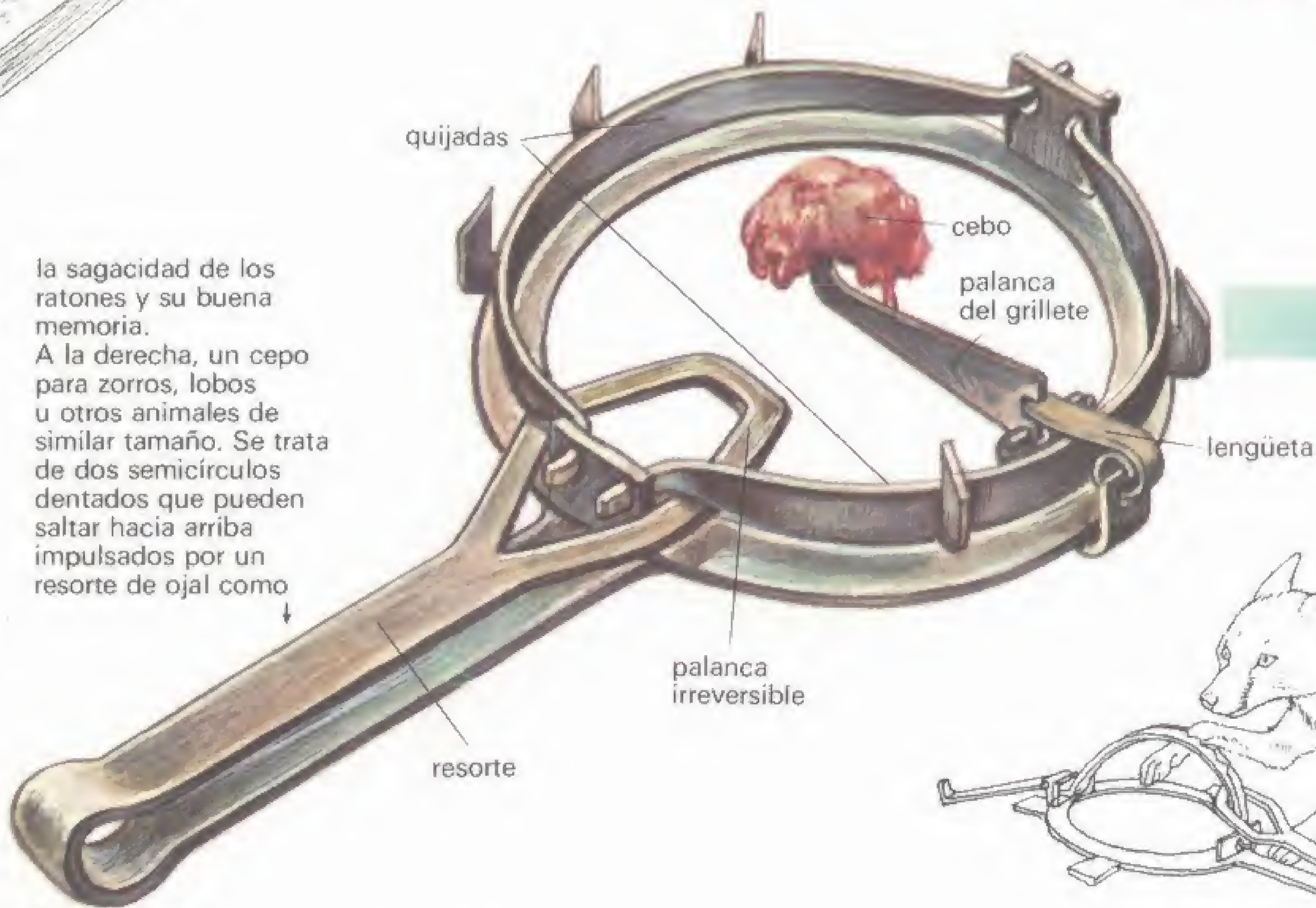






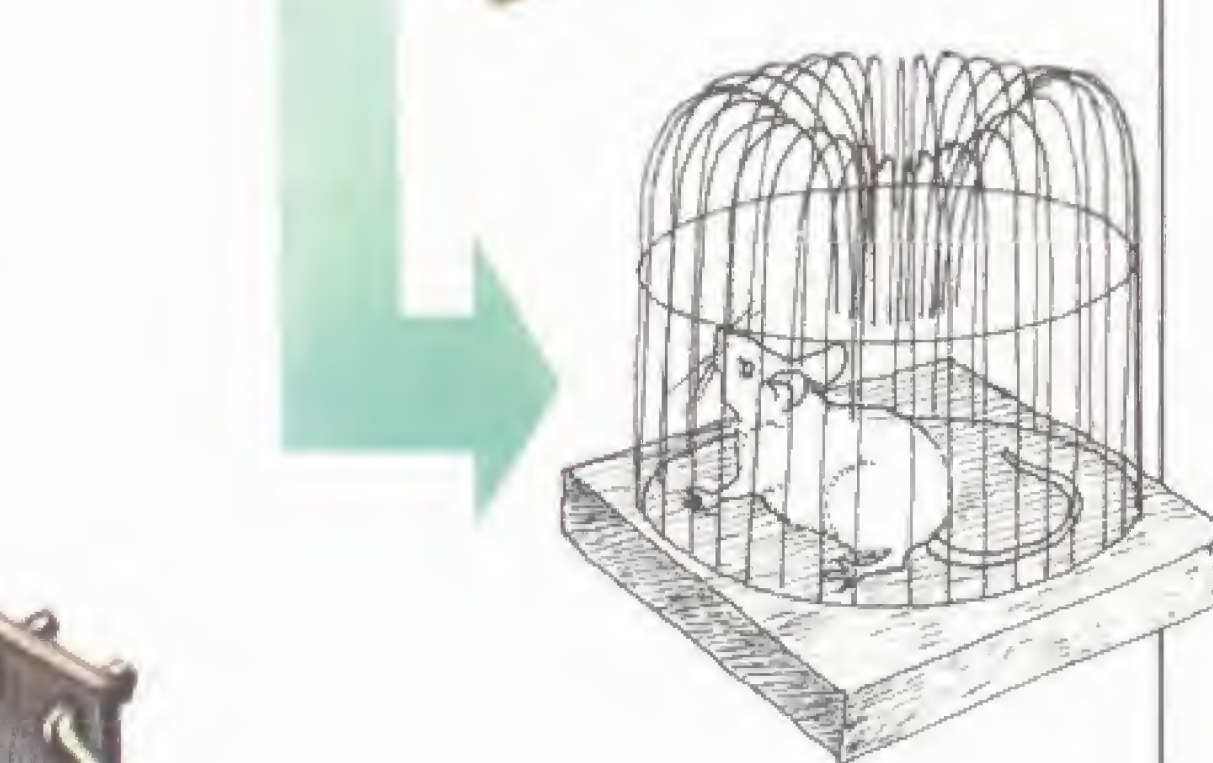
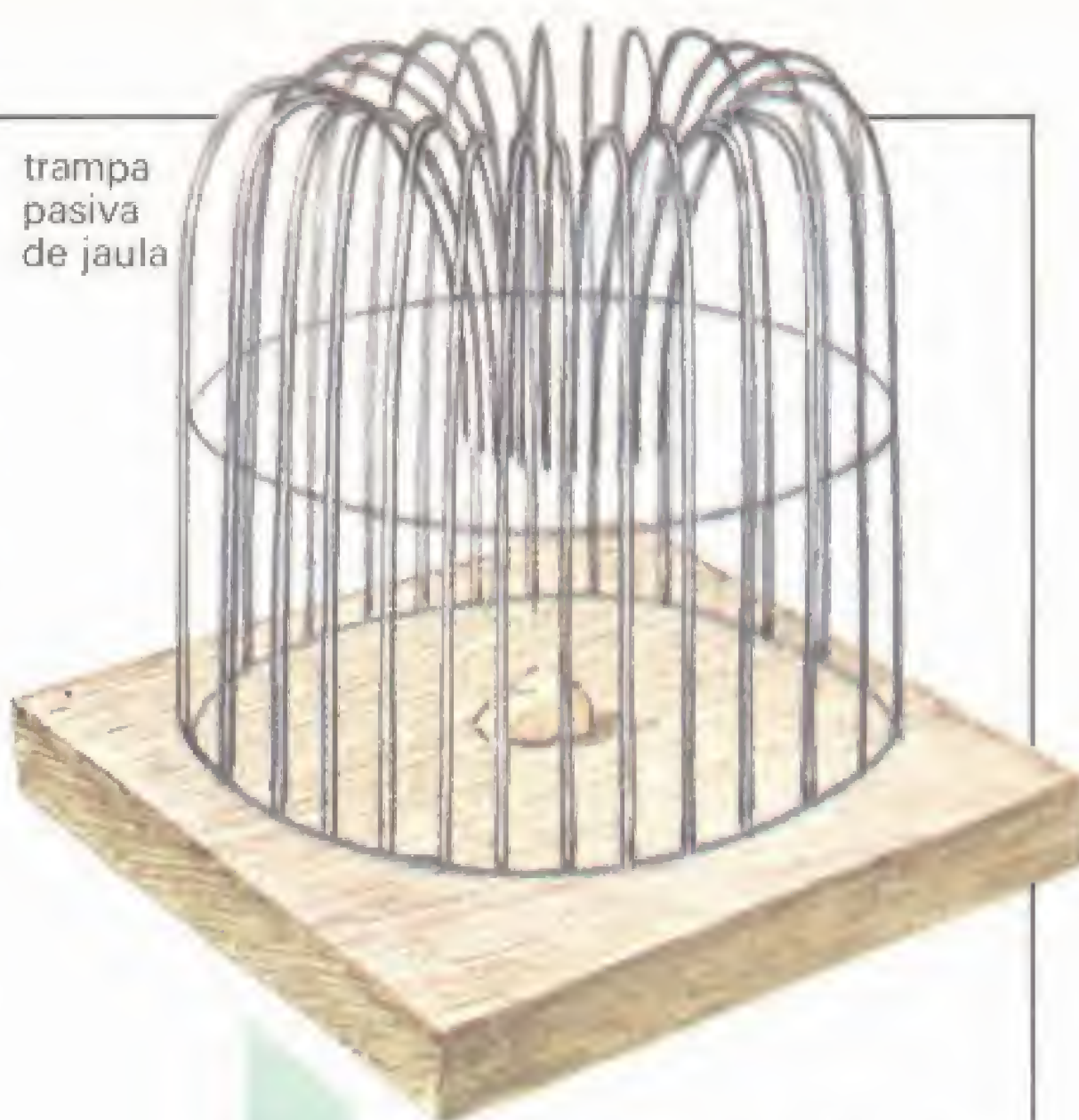
Arriba, una ratonera. En ella se coloca un cebo (comida) hacia el que el ratón se acerca por la zona que le parece de acceso más fácil, es decir, por la derecha. Sin embargo, al sujetar el cebo y tirar de él, se desengancha la horquilla que mantiene el grillete doblado hacia la izquierda. Al quedar libre, el grillete es empujado por el resorte de muelle y se abate sobre el ratón que, o bien muere por el golpe recibido sobre la espina dorsal, o de no ser así permanece atrapado, incapaz de zafarse. No obstante, cuando se utilizan estas ratoneras hay que tener en cuenta

la sagacidad de los ratones y su buena memoria. A la derecha, un cebo para zorros, lobos u otros animales de similar tamaño. Se trata de dos semicírculos dentados que pueden saltar hacia arriba impulsados por un resorte de ojal como

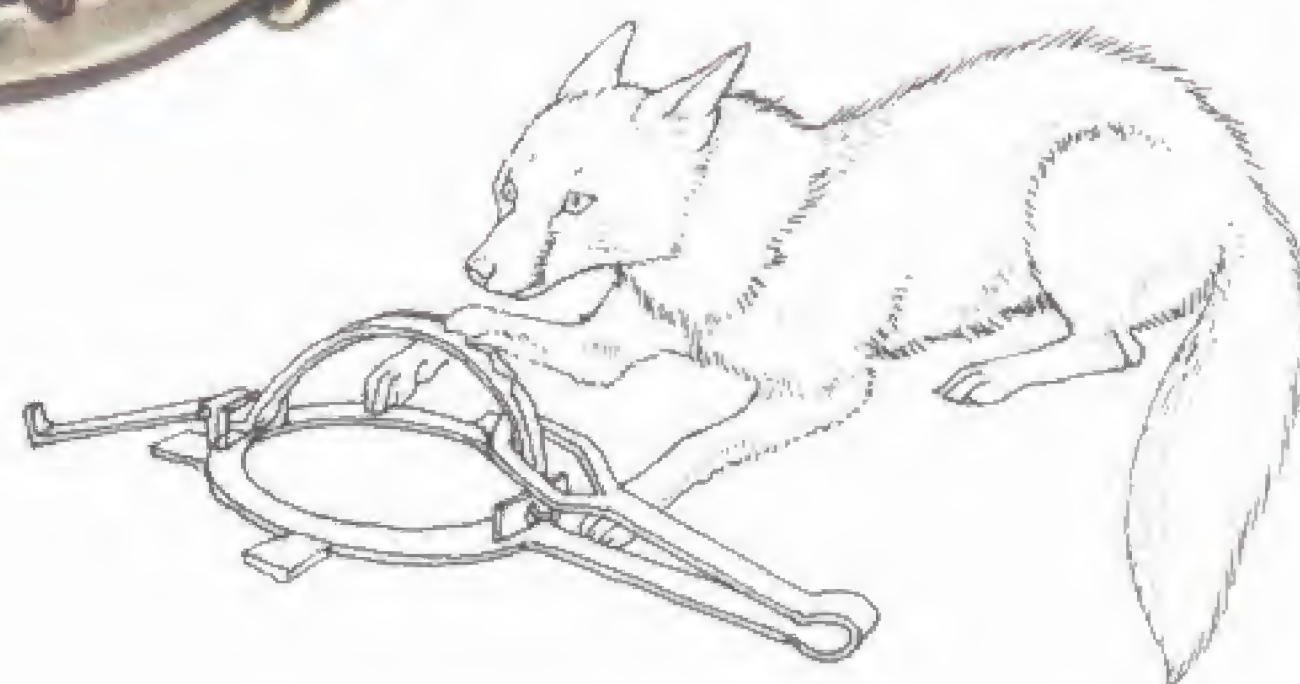


el que se ve a la izquierda del dibujo. Los semicírculos permanecen sujetos por una lengüeta que hace tope en una palanca en la que se coloca el cebo. Al bajar la palanca, los semicírculos saltan

hacia arriba y atrapan la pata del animal, aunque cuando se trata de ejemplares pequeños pueden ser apresados por el cuello. Cuando el animal es atrapado por una pata, la piel puede aprovecharse mejor.

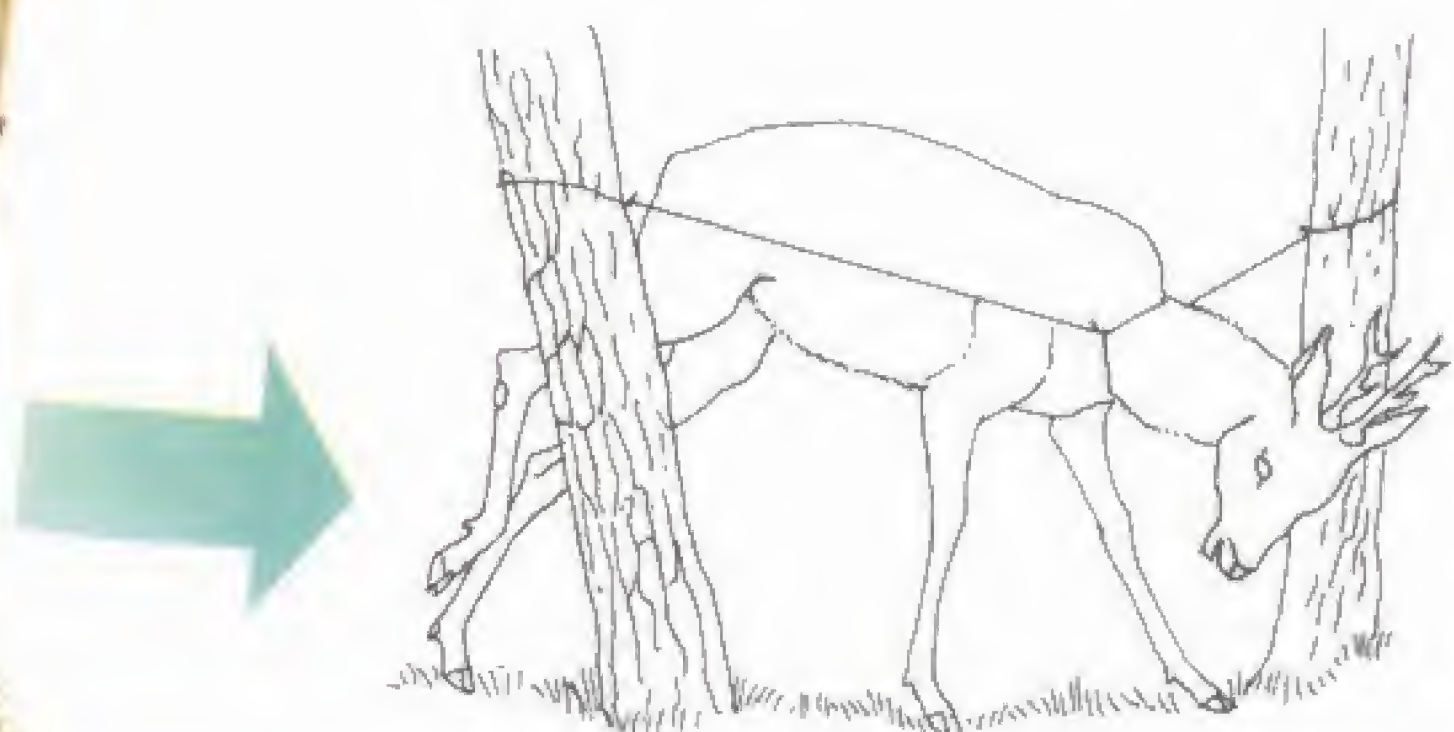
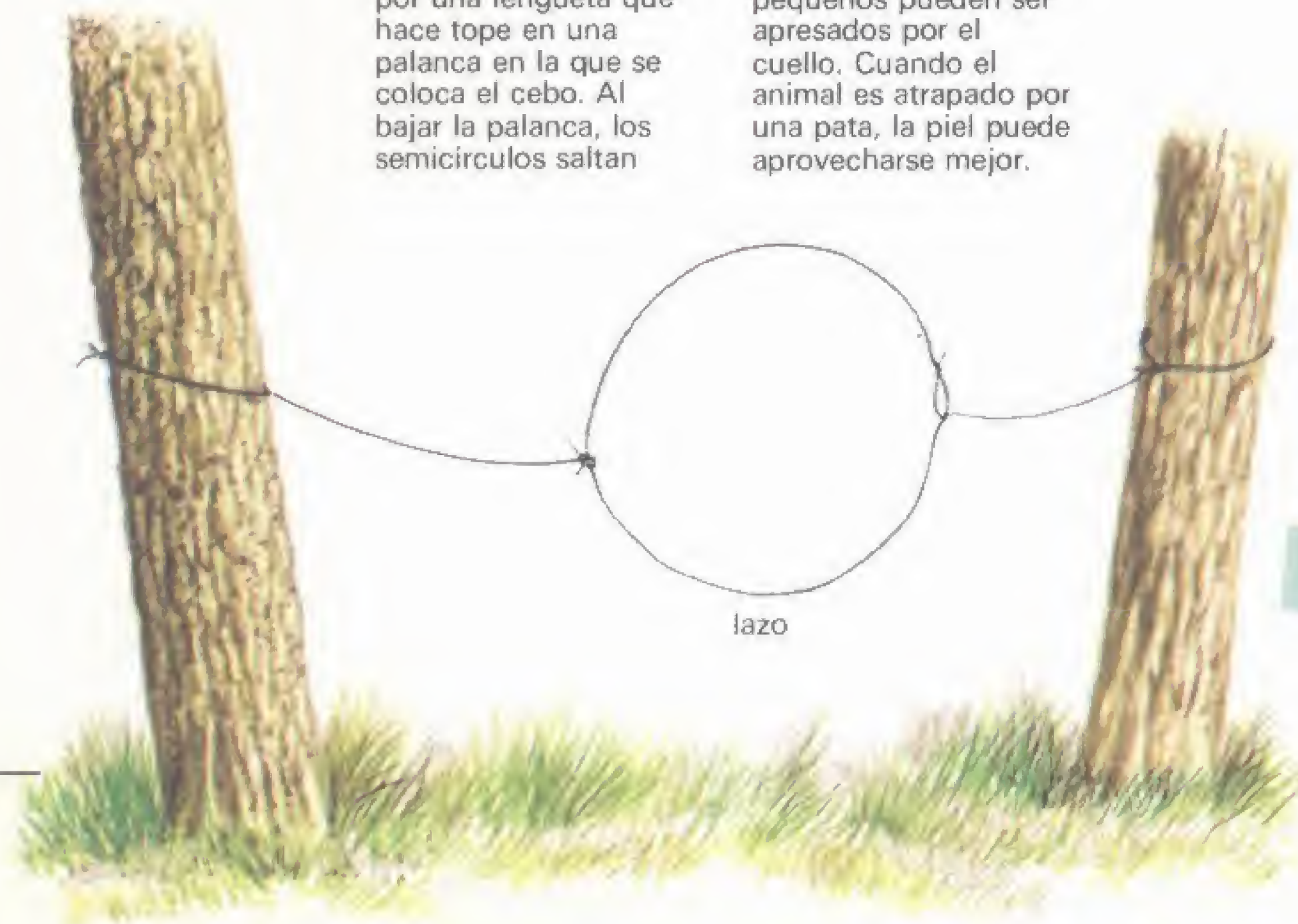


A la derecha, una trampa de tipo pasivo para ratones. Se trata de una jaula cilíndrica cuyos barrotes están formados por alambres que se doblan en la parte superior y dejan una abertura; el animal puede trepar con facilidad para dejarse caer hasta donde se encuentra el cebo (conviene recordar que el ratón es un animal muy ágil e inteligente para encontrar entradas y salidas en los recorridos más complicados), pero es incapaz de salir al no poder agarrarse a las puntas de los alambres dirigidas hacia abajo.



Abajo, un lazo. Entre dos árboles, en un lugar de paso de animales de talla mediana, se coloca una cuerda más o menos resistente con un anillo de fino hilo metálico. Si la presa,

al pasar, introduce la cabeza en el lazo, el mismo tirón hará que aquél se apriete, y cuantos más esfuerzos haga el animal por escapar más fuertemente quedará atrapado.





no interesan y pueden caer en el lazo accidentalmente. En general, además, el uso de lazos está prohibido, aunque a veces se conceden licencias especiales.

La *jaula* está considerada como la trampa menos cruel. Consiste en una simple jaula rectangular de madera o red metálica con una o dos puertas abiertas. El animal entra en ella atraído por un cebo, y al pisar una peana colocada en el suelo se acciona el mecanismo que cierra la puerta. La presa, generalmente indefensa, queda así capturada y sin poder huir hasta que el cazador la saca de la jaula.

Las soluciones primitivas, como la trampa de peso o la fosa, se utilizan pocas veces desde la invención del cebo. La primera se construye colocando un grueso taco de madera o una roca sobre un poste vertical, de forma que cuando un animal tropieza con éste, la piedra o el madero le caen encima.

La fosa consiste en un agujero cavado en la tierra, de tamaño variable, según la presa que se quiera capturar; en ocasiones se colocan en el fondo unas estacas afiladas. Luego se cubre con un entramado delgado de ramas, hojas, hierbas y tierra, y en el centro de éste se coloca un cebo. Cuando la víctima, atraída por el cebo, pisa este falso suelo, se hunde y queda atrapada en la fosa.

Todas las trampas tienen sus ventajas y sus inconvenientes: los cebos son ligeros y fáciles de transportar, y pueden construirse de varias dimensiones, según el animal que se quiera capturar, desde un ratón a un oso. Su gran inconveniente, sin embargo, es que laceran gravemente la pata de la presa.

Los lazos, que también poseen ligereza y son fáciles de transportar, apresan indiscriminadamente a toda clase de animales y, además, constituyen un peligro para todo aquel que los pise sin darse cuenta.

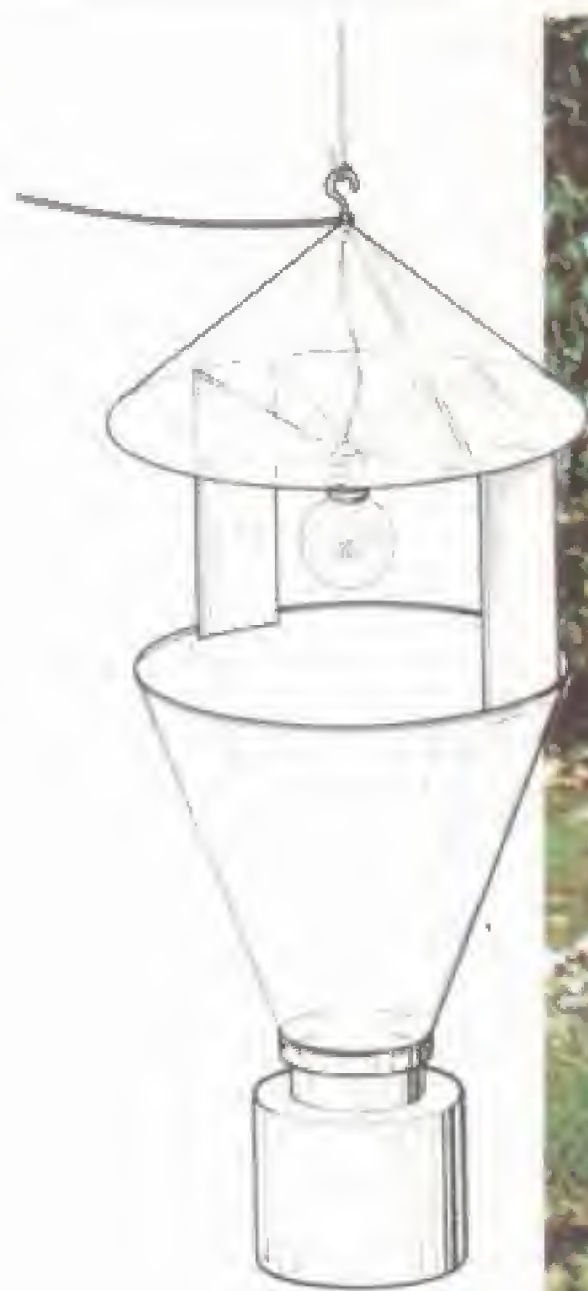
Las jaulas, más inofensivas, resultan en cambio poco prácticas debido a sus dimensiones y su peso, y, además, suelen ser excesivamente caras.

**La colocación de la trampa** Hay tres maneras básicas de colocar las trampas. La primera es el camuflaje, para el que hay que conocer bien a la presa, sus costumbres y sus lugares de paso. La trampa se coloca en un sendero o en algún lugar donde éste se estreche, de manera que el animal tenga que pasar necesariamente por ahí.

El segundo método, que se basa en el hambre del animal, consiste en colocar comida como cebo en una trampa que después se sitúa cerca de los restos de una comida reciente de la presa o en el área donde ésta suele alimentarse.

El tercer tipo de trampa se basa en el instinto sexual del animal, utilizando como señuelo el olor de una hembra de su misma especie, fabricado comercialmente o incluso extraído de la propia hembra viva.

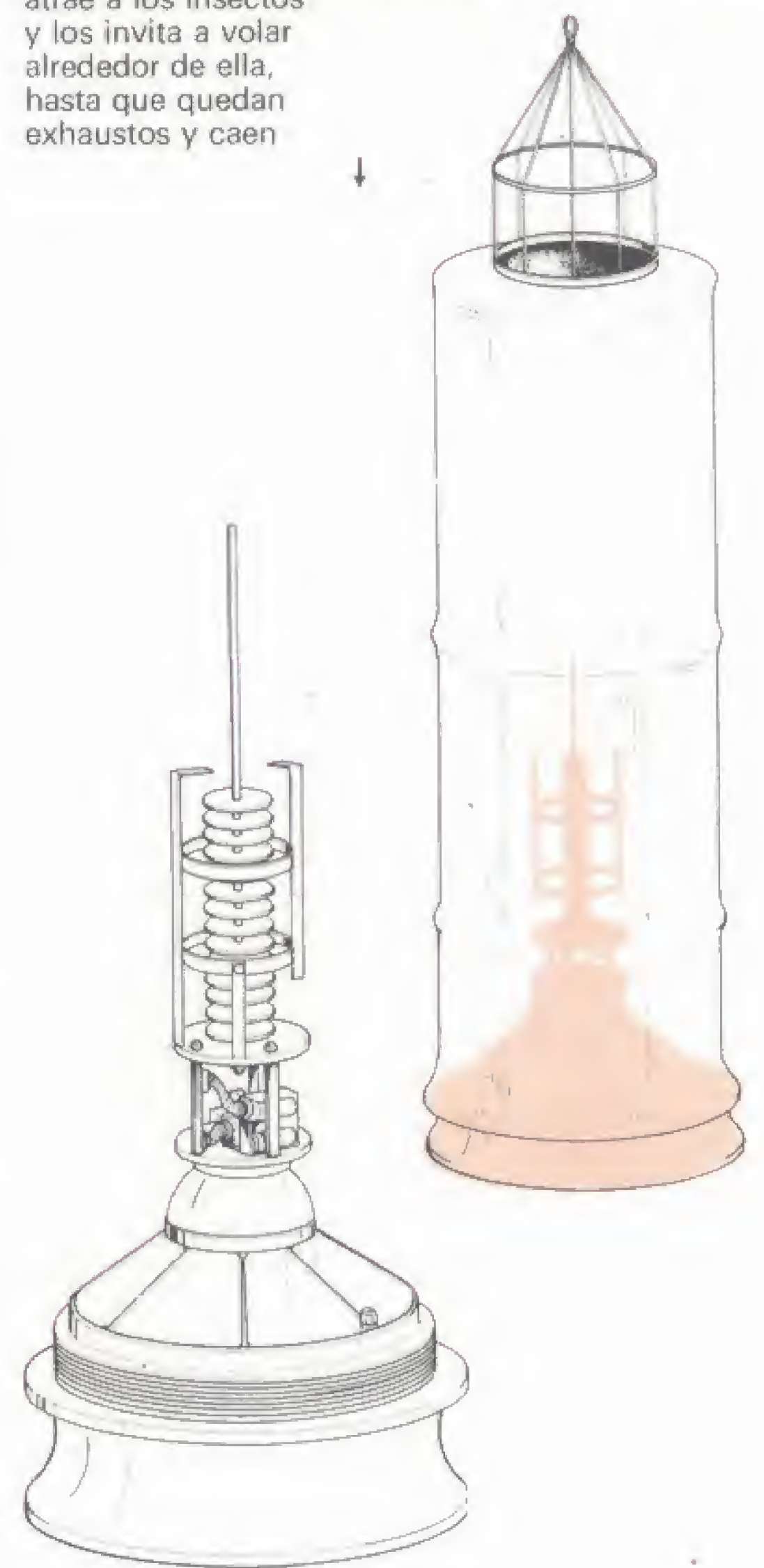
**Trampas marinas** En la pesca no es frecuente utilizar trampas mecánicas. La



Sobre estas líneas, una trampa luminosa para capturar insectos nocturnos. Estas trampas se utilizan

para realizar muestreos estadísticos de las poblaciones de insectos. La trampa tiene una lámpara que

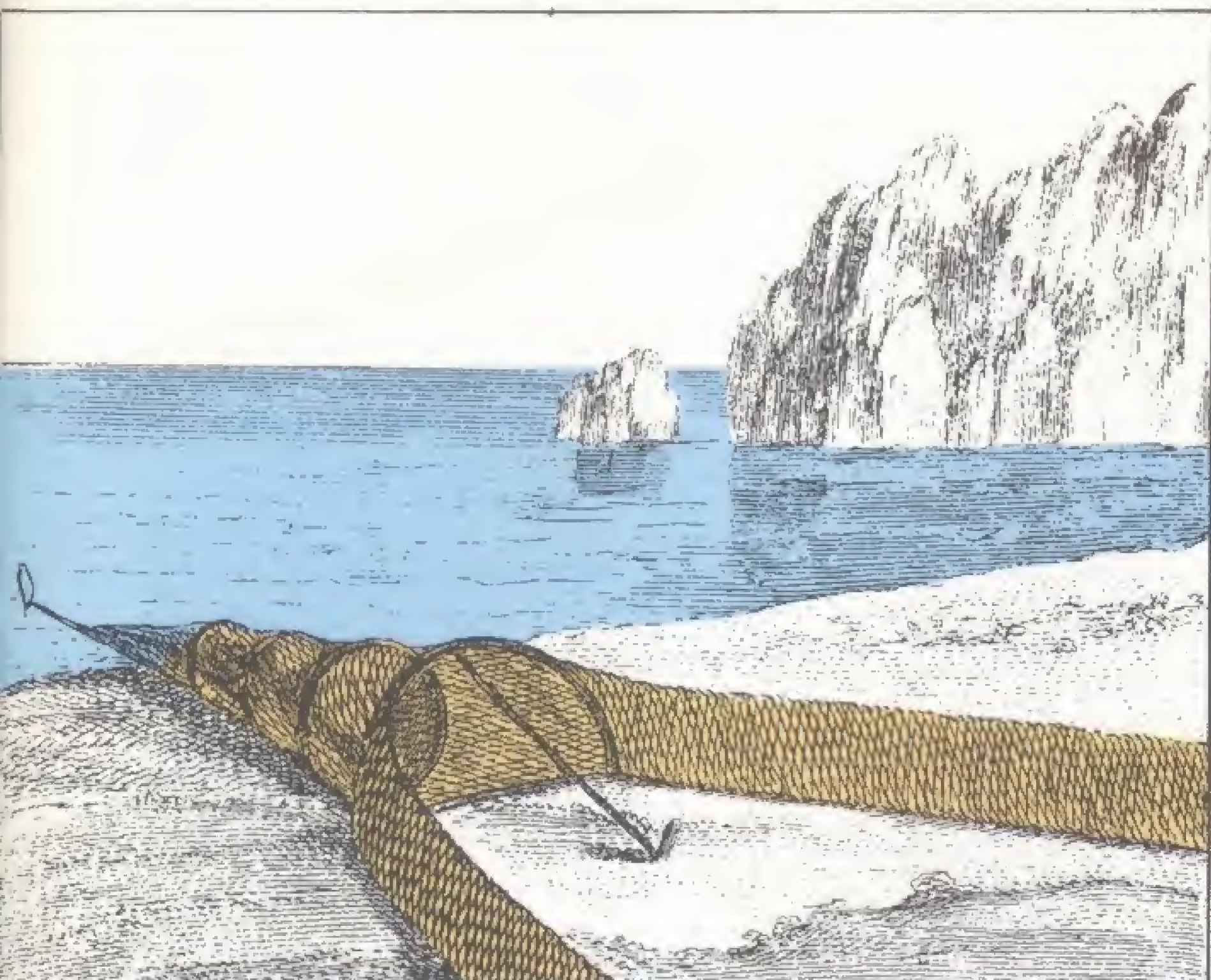
atrae a los insectos y los invita a volar alrededor de ella, hasta que quedan exhaustos y caen



↓ en el pequeño recipiente situado debajo. En el centro, a la izquierda, una trampa para coleópteros; en la parte superior se introduce un líquido de olor fuerte y atractivo. Al volar alrededor, los coleópteros chocan con las aletas de la trampa y caen al recipiente situado en la parte inferior, del

que no pueden salir porque su forma de embudo les impide remontar el vuelo. Abajo, a la izquierda, una trampa sexual. Para capturar ciertos insectos, y sobre todo para realizar estadísticas sobre el número de machos que se encuentran en una zona, se encierra una hembra en una





El estudio de las trampas permite apreciar la inventiva del hombre y reconstruir, al mismo tiempo, la historia de su peculiar tecnología. A la izquierda, una red de pesca que la marea ha llevado hasta la playa y que el refluo devuelve al mar. Se encuentra descrita en la *Enciclopedia* de Diderot. Basadas en los mismos principios, en la actualidad se han construido jábegas o redes de media profundidad para el arrastre de la pesca. Abajo, construcción de una zanja antitanques durante la II Guerra Mundial.

**El juego más peligroso** En Inglaterra, durante el siglo XIX, se usaban trampas contra los cazadores furtivos. Se colocaban numerosos cepos camuflados con hojas y ramas, cuya mordedura era demasiado fuerte para que un hombre solo consiguiera abrirlos. De esta forma, el furtivo tenía que esperar ayuda y era castigado. Estos cepos cayeron en desuso en el siglo XX debido a las intensas protestas que su empleo indiscriminado suscitó.

En la moderna guerrilla de la jungla se han utilizado frecuentemente lazos, fosas y trampas de peso para matar o capturar al enemigo. Recientemente se han empezado a usar también minas, que según su tamaño y su colocación pueden ser más o menos mortíferas.

En la actualidad existen cientos de trampas distintas. Una de las más interesantes es la trampa para pájaros que se usa en el norte de México. Se atan granos



pequeña jaula situada en la parte superior. Su olor es capaz de atraer a los machos, aunque se encuentren a mucha distancia. La gran red que hay alrededor frena el vuelo de los machos, que son capturados. En el centro, a la derecha, una trampa de gran tamaño utilizada para realizar

estadísticas sobre el número de insectos que se encuentran en un área cercana al suelo. El gran cilindro de plástico delgado (derecha) dispone de una boca de succión conectada a una bomba colocada en su parte inferior. El aire succionado arrastra con él los insectos que encuentra.

mayoría de las que se utilizan son pasivas, y suelen consistir en jaulas o redes en las que el pez puede entrar pero no salir.

Hay trampas que constan de una serie de embudos rodeados y unidos por redes. El pez nada fácilmente en un sentido, pero no puede hacer lo mismo en el contrario, debido a la estrechez de las aberturas.

Las *nasas*, usadas para pescar langostas, se basan en este principio: la langosta entra fácilmente, pero no puede salir.

de cereal a un hilo, guardando determinadas distancias. Los pájaros, que tragan los granos sin darse cuenta, permanecen atados al hilo hasta que llega el cazador. Del mismo modo que la fosa para elefantes mencionada al principio de este artículo, esta trampa basa su éxito en un conocimiento profundo de la presa por parte del cazador.

Véase Pesca y piscicultura



# Transbordador

**A** pesar de su sencillez, el transbordador ha sido considerado a lo largo de la historia como un importante medio de transporte. Se trata de una embarcación que circula entre dos puntos determinados —las dos orillas de un río, dos puertos fluviales o marítimos, etc.— marchando alternativamente en ambos sentidos, en general con horarios fijos, y que se utiliza para transportar viajeros y vehículos, incluso de grandes dimensiones, como vagones de ferrocarril y camiones.

Los primeros transbordadores consistían sencillamente en balsas propulsadas

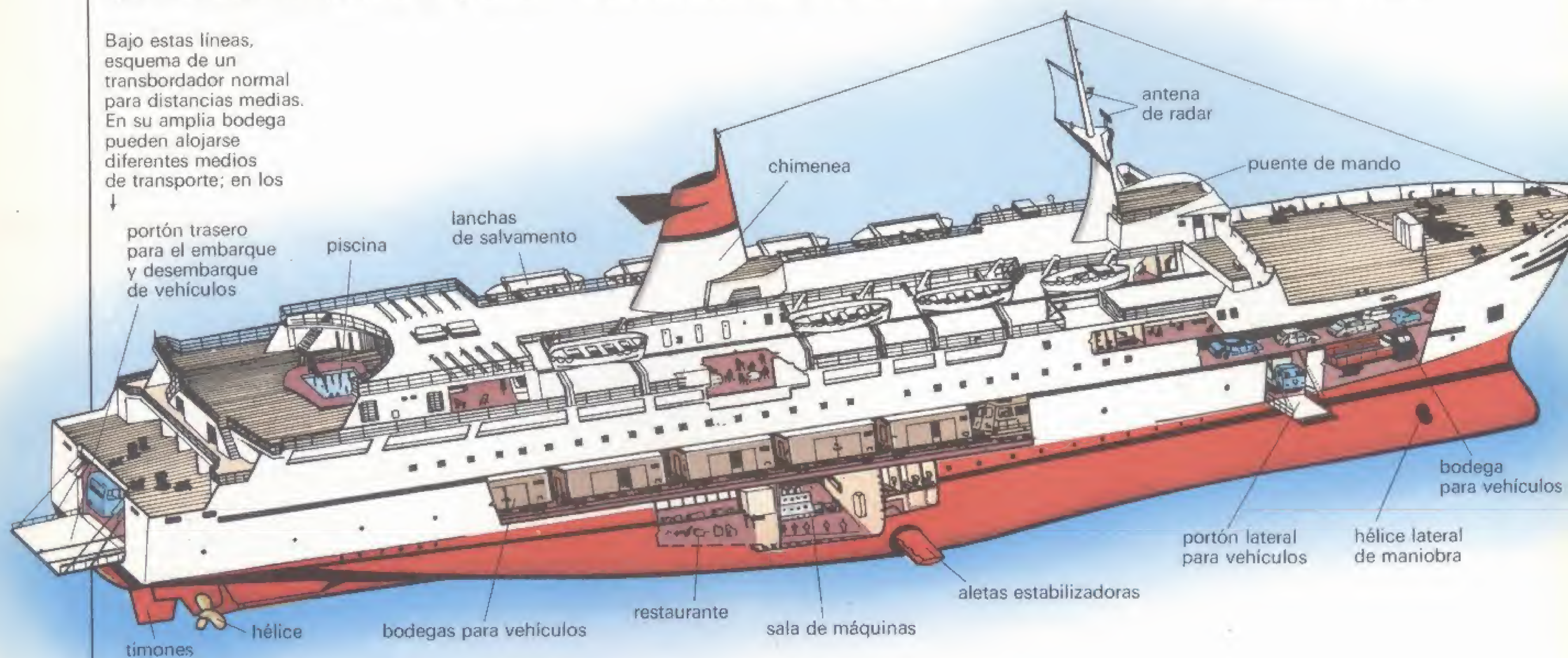
vehículos están contruidos de una forma especial. Generalmente no son muy largos —su eslora suele ser de treinta a setenta metros—, pero sí lo suficientemente anchos para poder estacionar en su puente dos o más filas de vehículos.

Su puente de cubierta es bajo con respecto al nivel del agua y sus bordes redondeados. Su característica más importante y peculiar consiste en que disponen de hélices, timones y sistemas de mando tanto en la proa como en la popa, de modo que pueden recorrer la ruta en un sentido u otro sin tener que girar sobre sí mismos.

Esto permite que los vehículos circulen siempre hacia delante para subir y bajar del transbordador.

Por otra parte, los transbordadores de gran tamaño, aptos para la navegación de altura, disponen de un casco normal y conservan sólo un pequeño parecido con las embarcaciones más pequeñas. Algunos disponen de raíles ferroviarios instalados sobre cubierta para poder transportar vagones. Estos transbordadores se utilizan aún hoy en el Canal de la Mancha, en el río Volga, entre las islas japonesas, en el estrecho de Mesina, etcétera.

Bajo estas líneas, esquema de un transbordador normal para distancias medias. En su amplia bodega pueden alojarse diferentes medios de transporte; en los



puentes superiores se sitúan los camarotes y los servicios de los pasajeros. La imagen inferior muestra un rudimentario transbordador sobre el delta del río Po, en

Italia. Debido a la escasez del tráfico pesado, este medio sigue siendo el más económico para la población del delta. En la página siguiente, arriba, una imagen del

embarque de un tren sobre un transbordador en servicio en el estrecho de Mesina. Desde hace mucho tiempo se habla del proyecto de un puente sobre el estrecho, pero

el elevadísimo coste de tal empresa y las dificultades técnicas de su realización han impedido que se haya hecho realidad. Los viajeros se ven así obligados a servirse de

transbordadores como el que aparece en la imagen. En esa misma página, abajo, un *hovercraft* cruzando el Canal de la Mancha; este medio de transporte, que se

desplaza sobre un colchón de aire, está sustituyendo progresivamente a los transbordadores tradicionales en el servicio entre Reino Unido y Francia.

por remos o arrastradas mediante cuerdas por hombres y caballos. Con el desarrollo de la propulsión mecánica, el servicio de los transbordadores se hizo más regular y seguro, aunque en un principio éstos se utilizaban fundamentalmente para unir los dos extremos de una vía férrea separados por un curso o una extensión de agua. Con este fin, llevaban instalados sobre su cubierta unos carriles que podían empalmarse con los extremos de las vías terrestres. Fue bastante tiempo después cuando comenzaron a construirse transbordadores con puentes especiales para transportar automóviles, como los que se utilizan en la actualidad.

**Tipos de transbordadores** Los transbordadores más pequeños, destinados únicamente al servicio de pasajeros en recorridos cortos, son embarcaciones normales que no se diferencian demasiado de las que se utilizan para la navegación en aguas interiores. Sin embargo, los que se emplean también para el transporte de







Los transbordadores empleados en los recorridos más largos (como, por ejemplo, Italia-Grecia o Reino Unido-Países Bajos) son muy semejantes a los transatlánticos de lujo y están dotados de camarotes, salas de juego y piscinas.

**Hidroalas y hovercrafts** Los tipos de transbordadores más modernos que se utilizan en la actualidad son los *hidroalas* y los *hovercrafts* (o vehículos de colchón neumático). Los primeros son embarcaciones que a bajas velocidades funcionan como barcos normales, es decir, flotando y moviéndose lentamente en el agua. Sin embargo, cuando adquieren una velocidad suficiente, los hidroalas se elevan sobre el agua, manteniendo sumergidas, únicamente, una especie de alas que los sostienen, lo que les permite avanzar más rápidamente al reducirse la resistencia. Los hidroalas se encuentran actualmente en servicio en las rutas costeras o en aguas interiores de todo el mundo, sobre todo en la Unión Soviética y Escandinavia.

Por su parte, los *hovercrafts*, o aerodeslizadores, son un tipo de embarcaciones de contorno redondeado y fondo plano que no toca el agua cuando están en movimiento. En realidad, se desplazan sobre un *colchón de aire comprimido*, expulsado a fuerte presión desde la parte inferior del casco. Desde finales de los años sesenta, existe un servicio comercial británico de *hovercrafts* que cruza el Canal de la Mancha. Estos transbordadores pueden

alcanzar una velocidad de 60 nudos y tienen capacidad para 420 viajeros y 55 automóviles. El trayecto dura aproximadamente 35 minutos, una tercera parte del tiempo empleado por un transbordador normal en realizar el mismo recorrido.

**Una "raza" en extinción** Existe una tendencia acusada en todo el mundo a sustituir los servicios de transbordadores por puentes y túneles. Sin embargo, es imposible que esta sustitución pueda reali-

zarse de forma absoluta, ya que en muchos casos la construcción de un puente es materialmente imposible, y en otros, la distancia a recorrer es demasiado larga o el tráfico de determinada ruta es demasiado escaso como para justificar estas complicadas obras de ingeniería.

Véase Buque mercante; Embarcaciones deportivas; Hidroala; Hovercraft; Naval, construcción; Navegación





# Transbordador espacial

Un voluminoso ingenio espacial, provisto de alas en delta, descendió desde el espacio precedido por un estruendo de ondas sonoras similar a un tremendo redoble de tambores, mientras cientos de miles de espectadores esperaban extasiados en tierra. Tras diez años de investigaciones, importantes gastos e imprevistas sorpresas técnicas, el transbordador espacial *Columbia* había realizado su vuelo orbital de cincuenta y cuatro horas y media alrededor de la Tierra, y ahora se encontraba planeando hacia el suelo para realizar un aterrizaje triunfal en el desierto de Mojave, situado a cien kilómetros al norte de Los Angeles. Era el 14 de abril de 1981. Este primer vuelo del *Columbia* constituía una de las metas del programa espacial estadounidense, y abría la era de los transbordadores espaciales.

**El Space Shuttle** El *Space Shuttle*, también conocido como lanzadera o transbordador espacial, es un avión espacial satelizable y reutilizable. Este avión de alas en delta, propulsado por motores cohete, despegue en posición vertical impulsado por sus motores de propergol líquido y por dos grandes cohetes exteriores de propergol sólido acoplados al depósito exterior de oxígeno e hidrógeno líquidos que alimentan los motores de la nave. Los dos motores cohete exteriores son expulsables una vez cumplida su misión —aproximadamente cuando la nave ha alcanzado una altura de unos cuarenta y cinco kilómetros—, y se recuperan mediante paracaídas para su reutilización. El voluminoso depósito exterior también es expulsable una vez agotado el combustible, pero, a diferencia de los motores exteriores, no es recuperable. A partir de este momento, dos motores secundarios y una serie de pequeños motores auxiliares colocados a lo largo de la nave sitúan ésta en órbita —a una altura de unos 295 km—, permitiéndole maniobrar y modificar su posición en el espacio.

La reducida capacidad de carga de combustible que posee la nave sólo le permite, de momento, alcanzar alturas relativamente modestas. Sin embargo, los científicos de la NASA tienen prevista la utilización de remolcadores espaciales, desarrollados a partir de la lanzadera, para el transporte de tripulantes y material a alturas mucho mayores. También se ha contemplado la posibilidad de desplegar desde la nave una serie de paneles solares para captar la energía solar con el fin de producir mayor cantidad de energía eléctrica. Otro proyecto es el de montar una estación espacial directamente en órbita alrededor de la Tierra, con módulos transportados por el transbordador.

Además, éste servirá como base de lanzamiento de sondas para la exploración del espacio lejano. Otro programa de la NASA prevé el transporte y puesta en órbita mediante el *Space Shuttle* de diversos módulos para el montaje de un vehículo con el que se pretende transportar a la Luna tripulaciones y víveres.

**Hacia una nueva era del espacio** El programa espacial del *Space Shuttle* abre una nueva era tecnológica. Este tipo de naves espaciales puede colocar satélites en órbita y servir de plataforma de lanzamiento de satélites a órbitas sincrónicas o de sondas espaciales. Por otra parte, será posible la construcción en el espacio de enormes estaciones de telecomunicaciones capaces de transmitir simultáneamente 250.000 comunicaciones telefónicas y facilitar enormemente las llamadas video-fónicas. También puede procederse a la inspección y reparación de satélites, tanto científicos como de comunicaciones, meteorológicos, etcétera.

En otro orden de cosas, el *Shuttle* está abriendo camino a una militarización del espacio. Satélites espía extremadamente sofisticados son puestos en órbita para controlar el territorio enemigo. Un gran secreto rodea la investigación, que parece incluir sistemas de sensores de horizonte por rayos infrarrojos y ultravioletas para su posible empleo en el control espacial.

**El Spacelab** Desarrollado por la European Space Agency (ESA), el *Spacelab* es el más importante proyecto espacial, fruto de la cooperación internacional. Este laboratorio espacial, situado en órbita terrestre por el *Space Shuttle*, es una unidad independiente con dimensiones máximas limitadas por la capacidad de la bodega de carga del *Shuttle*. Está formado por elementos modulares de dos tipos: el *módulo presurizado*, que contiene el laboratorio propiamente dicho, en el que los científicos pueden desarrollar sus investigaciones y experimentos en estado de ingravidez, y los *módulos de carga* en los que se sitúan los equipos experimentales y los elementos a investigar o satelizar.

En virtud de la ausencia de gravedad y de un nivel de vacío casi total, el *Spacelab* permite a los científicos realizar investigaciones espaciales de todo tipo en

el campo de la Astronomía, de la Física solar y espacial y de la Biología, así como observaciones de la Tierra y experimentación de nuevos materiales.

Se ha llevado a cabo una investigación sobre los efectos de la contaminación de la atmósfera por óxido de carbono producido por el hombre y también ha sido estudiada la coloración del océano con el fin de descubrir nuevas áreas de pesca. La importancia de los experimentos llevados a cabo en el espacio radica en que se realizan en condiciones que no son reproducibles en los laboratorios terrestres.

**El transbordador que no volvió** Hasta el mes de diciembre de 1985, la NASA había llevado a cabo veinticuatro lanzamientos de diferentes *Space Shuttles*. El 28 de enero de 1986, se lanzó al espacio el *Challenger*, un transbordador que realizaba su décimo viaje, con la misión de poner en órbita un satélite de comunicaciones y realizar observaciones del cometa Halley. A sólo 75 segundos del lanzamiento, cuando el *Challenger* había alcanzado 40 km de altura, se produjo una tremenda explosión que destruyó totalmente la nave y su tripulación, compuesta por seis astronautas y una civil, la primera que viajaba al espacio. Este accidente, que supone la mayor tragedia ocurrida en toda la historia de la carrera espacial, ha provocado que la NASA, que tenía previstas quince misiones espaciales para el año 1986, retrasara de forma global el programa espacial estadounidense.

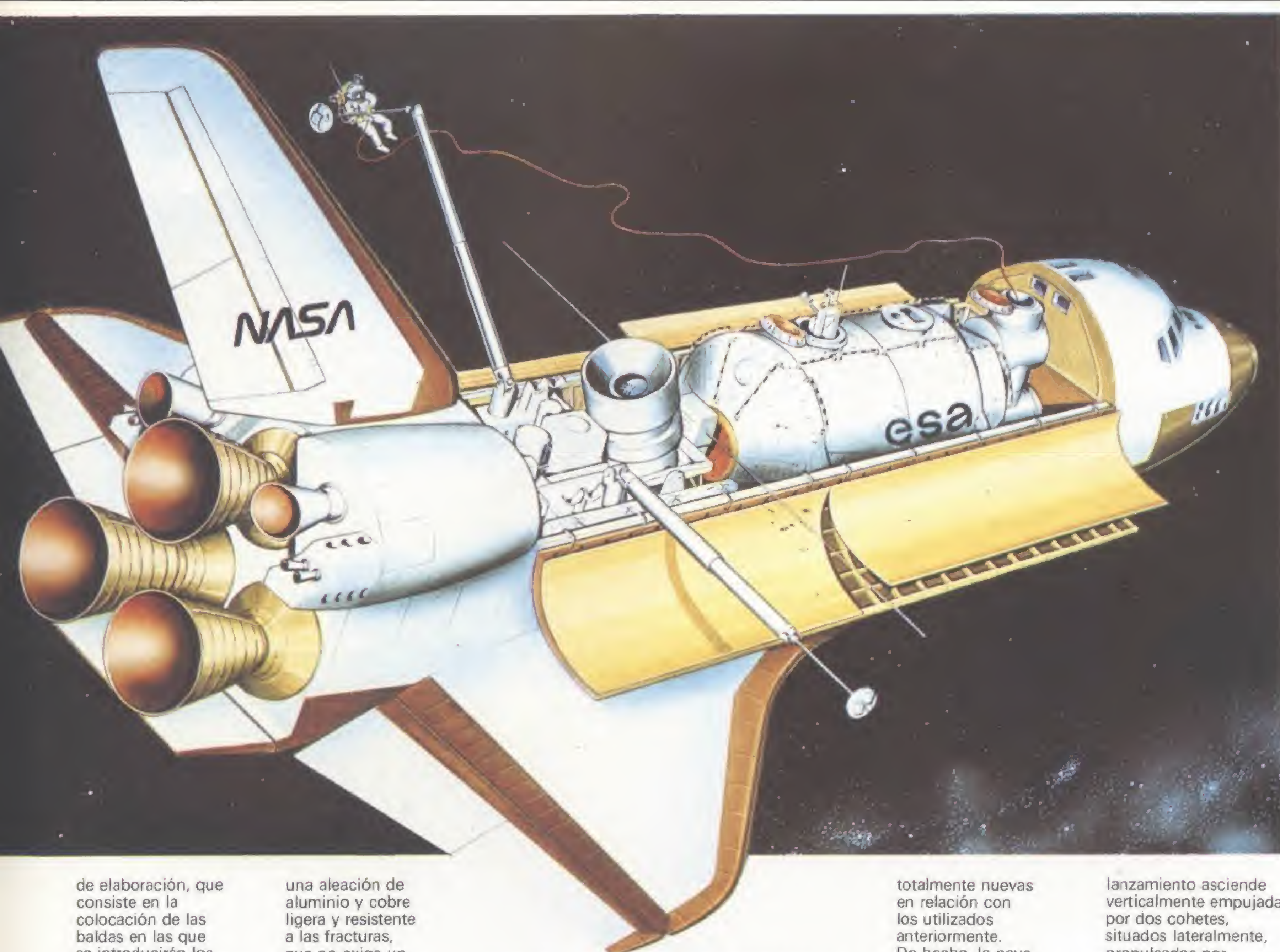
Véase **Cohete espacial; Rampa de lanzamiento**

Construcción del *Spacelab*, el laboratorio espacial desarrollado por la ESA para realizar una serie de experimentos sobre la posibilidad de llevar a cabo operaciones de tipo industrial en

condiciones de total ingravidez. En las tres fotografías que se muestran abajo puede verse, de izquierda a derecha: paneles fresados del módulo que forman las cuaternas y largueros de refuerzo, una fase







de elaboración, que consiste en la colocación de las baldas en las que se introducirán los equipos e instrumentos del laboratorio, y el módulo terminado. Para la construcción del módulo ha sido elegida

una aleación de aluminio y cobre ligera y resistente a las fracturas, que no exige un tratamiento térmico excesivo para obtener buenas características mecánicas de soldadura. De este

modo se ha podido obtener un ambiente de máxima seguridad con unas características

de habitabilidad muy satisfactorias. El *Space Shuttle* constituye un vehículo espacial con características

totalmente nuevas en relación con los utilizados anteriormente. De hecho, la nave se parece mucho a un avión, aunque su funcionamiento es totalmente distinto. En la fase de

lanzamiento asciende verticalmente empujada por dos cohetes, situados lateralmente, propulsados por combustible sólido y adosados a un depósito central que contiene hidrógeno y oxígeno líquidos.





Abajo, el *Space Shuttle* transporta como carga el *Spacelab* europeo. Cuando despegue, se encienden los dos cohetes laterales y los tres motores-cohete de la nave. Alcanzada una

altura de 45 km, los dos cohetes laterales se separan, caen al mar y son recuperados. El depósito central se separa antes de la entrada en órbita. Con esta nueva serie de

vehículos espaciales pueden ponerse en órbita cargas útiles muy elevadas y es posible la permanencia de laboratorios espaciales en condiciones de

ingravidez. En el dibujo están representadas las fases de lanzamiento, de reentrada y una sección de la nave que muestra cómo se realizan las

operaciones en órbita. 1) despegue; 2) separación de los cohetes auxiliares; 3) separación del depósito central; 4) vuelo orbital; 5) trabajo en el

laboratorio espacial; 6) aterrizaje. El *Spacelab* ha permitido realizar una primera serie de experimentos en los campos de la Física y de la Biología en





condiciones de ingravidez. A pesar del tremendo impacto que produjo en todo el mundo la explosión del transbordador estadounidense

*Challenger*, ocurrida cuando éste realizaba su décimo lanzamiento, el 28 de enero de 1986, y la muerte de sus siete tripulantes, entre los que figuraba la primera civil que viajaba

al espacio, la European Space Agency (ESA), la misma institución que proyectó y construyó en los años setenta el laboratorio espacial *Spacelab*, decidió

el 27 de junio de 1986 dar el visto bueno al proyecto *Hermes*, que intenta desarrollar una versión europea del transbordador espacial. No obstante, a partir del accidente,

la NASA decidió suspender de forma global e indefinida el programa espacial estadounidense, ya que dados los altos costes que éste supone, la Agencia Espacial

Norteamericana ha decidido replantearse el proyecto *Shuttle* como base de las futuras operaciones científicas, comerciales y militares de Estados Unidos en el espacio.





# Transductor

La energía que se encuentra bajo diversas formas en la Naturaleza, o aquella que se produce para usos domésticos, suele ser útil sólo cuando puede convertirse en otro tipo de energía. Todos los dispositivos que realizan esta conversión se conocen como transductores, denominados así por la unión de los términos latinos *ducere*, "conducir", y *trans*, "a través". Entre los tipos de energía transformable se encuentran la eléctrica, la mecánica, la acústica y la térmica.

**Transductores electroacústicos** Cuando se habla por teléfono, se escucha la radio, o alguien habla por un micrófono, se utilizan transductores, es decir, sistemas que convierten las señales acústicas (vibraciones mecánicas) en señales eléctricas y viceversa; por esta razón, esos transductores se llaman electroacústicos. La mayoría de los transductores de este tipo convierte las señales en un solo sentido. Así, un micrófono, por ejemplo, convierte las variaciones de presión del aire en el movimiento mecánico de una pequeña membrana que, a su vez, tiene una bobina adherida. Los movimientos de la bobina inducen una corriente eléctrica que, una vez amplificada, se puede volver a convertir en sonido mediante un altavoz. El sonar "activo" que utilizan buques y submarinos para localizar otros buques y explorar las profundidades marinas es una excepción a este tipo de transductor. Una unidad activa de sonar comienza el ciclo con un impulso eléctrico que se convierte en onda sonora, se refleja contra los objetos y vuelve a la fuente, donde vuelve a convertirse en impulso eléctrico y se re-

presenta en una pantalla. En cambio, una unidad pasiva de sonar "escucha" simplemente los sonidos exteriores procedentes del agua.

Los micrófonos y altavoces pertenecen a un tipo de transductores en los que interviene la energía mecánica en la transformación. En los altavoces, la señal eléctrica produce vibraciones físicas del diafragma que, a su vez, comprime el aire, generando vibraciones (ondas) sonoras.

Los timbres clásicos, con el martillito accionado mecánicamente, y las bocinas de los automóviles son otros ejemplos de transductores electroacústicos mecánicos, así como muchos otros aparatos de medida utilizados en la tecnología moderna.

**Transductores de instrumentación** En la ciencia, en la industria y en otros campos de aplicación, es necesario conocer la medida exacta de las distintas magnitudes que caracterizan los recursos, las reservas de energía y las fuerzas de la naturaleza. Un transductor muy familiar es el utilizado en los barómetros para medir la presión de la atmósfera terrestre.

La atmósfera, sometida a la fuerza de la gravedad e influida por las condiciones meteorológicas, provoca la elevación o el descenso del nivel de una columna de mercurio en el interior de un capilar, indicando, con la ayuda de una escala de medida, las variaciones locales de la presión atmosférica. Un barómetro, pues, constituye un claro ejemplo de transductor instrumental.

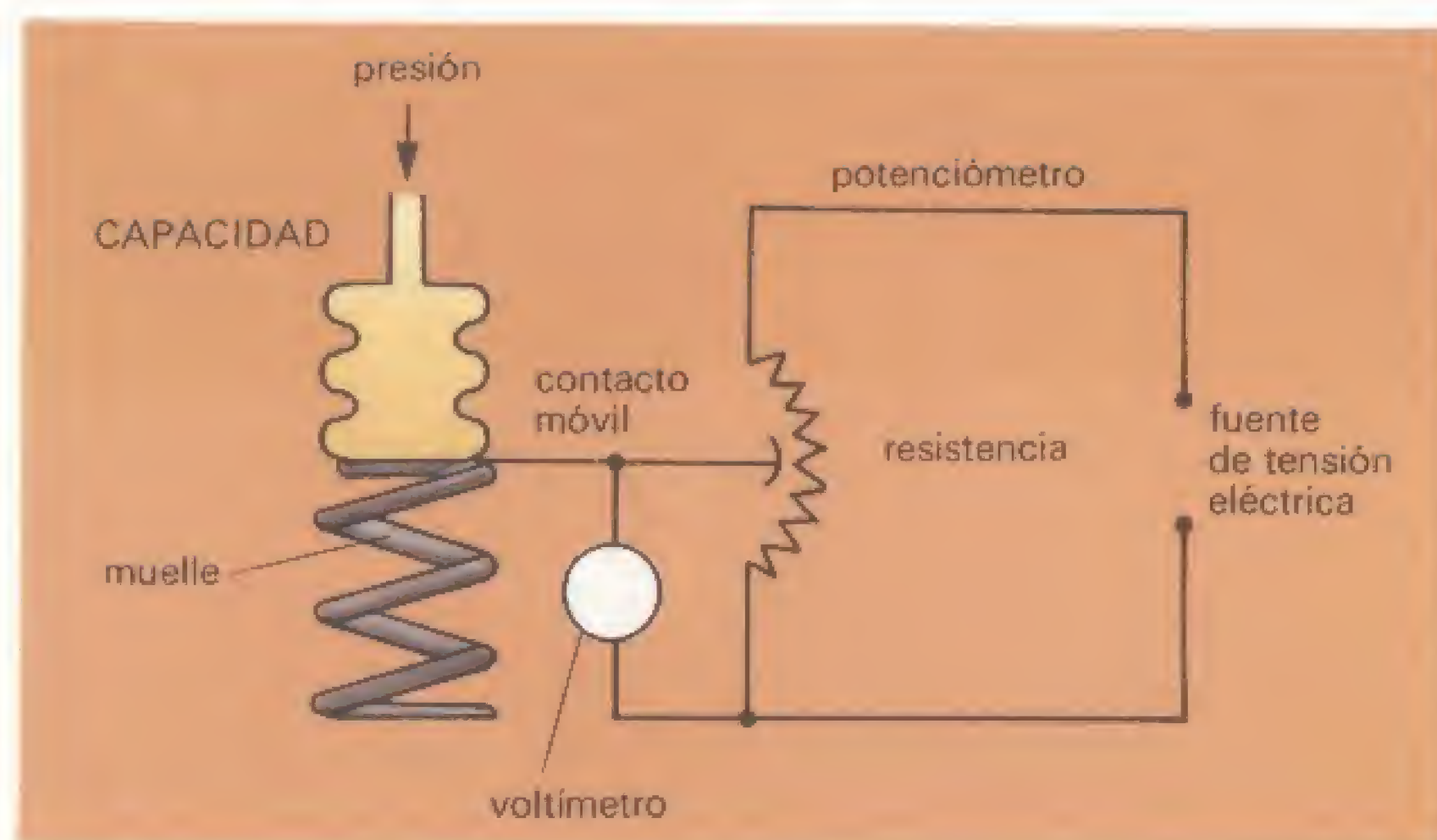
También se utilizan a menudo transductores de desplazamiento, con sistemas eléctricos de medida que detectan la can-

tidad de materia existente en un recinto. Por ejemplo, el combustible de un automóvil va pasando del depósito al motor durante su funcionamiento y, mientras, el indicador de nivel de gasolina va bajando hasta indicar la reserva.

El indicador es un claro ejemplo de transductor que envía una señal eléctrica dependiendo de la posición de un pequeño flotador situado dentro del depósito. En muchos casos, en transductores básicos de este tipo, no llegan a utilizarse señales eléctricas, sino que existe una conexión física directa entre el flotador y la aguja indicadora.

Sin embargo, en algunas aplicaciones más sofisticadas es necesaria una precisión de medida mucho mayor, y los transductores basados en conexiones mecánicas resultan poco fiables porque están sometidos a roces, desgaste, suciedad y vibraciones. Los transductores inductivos se sirven de electroimanes sensibles para convertir un movimiento mecánico en una señal eléctrica. Cuando están completamente parados, las bobinas no generan corriente eléctrica, pero cuando el núcleo cambia de posición (en función del desplazamiento de la sustancia que se va a medir), generan una corriente eléctrica proporcional a dicho desplazamiento, que se detecta en el aparato de medida. Un ejemplo de este tipo de transductor lo constituye la cápsula magnética de los tocadiscos.

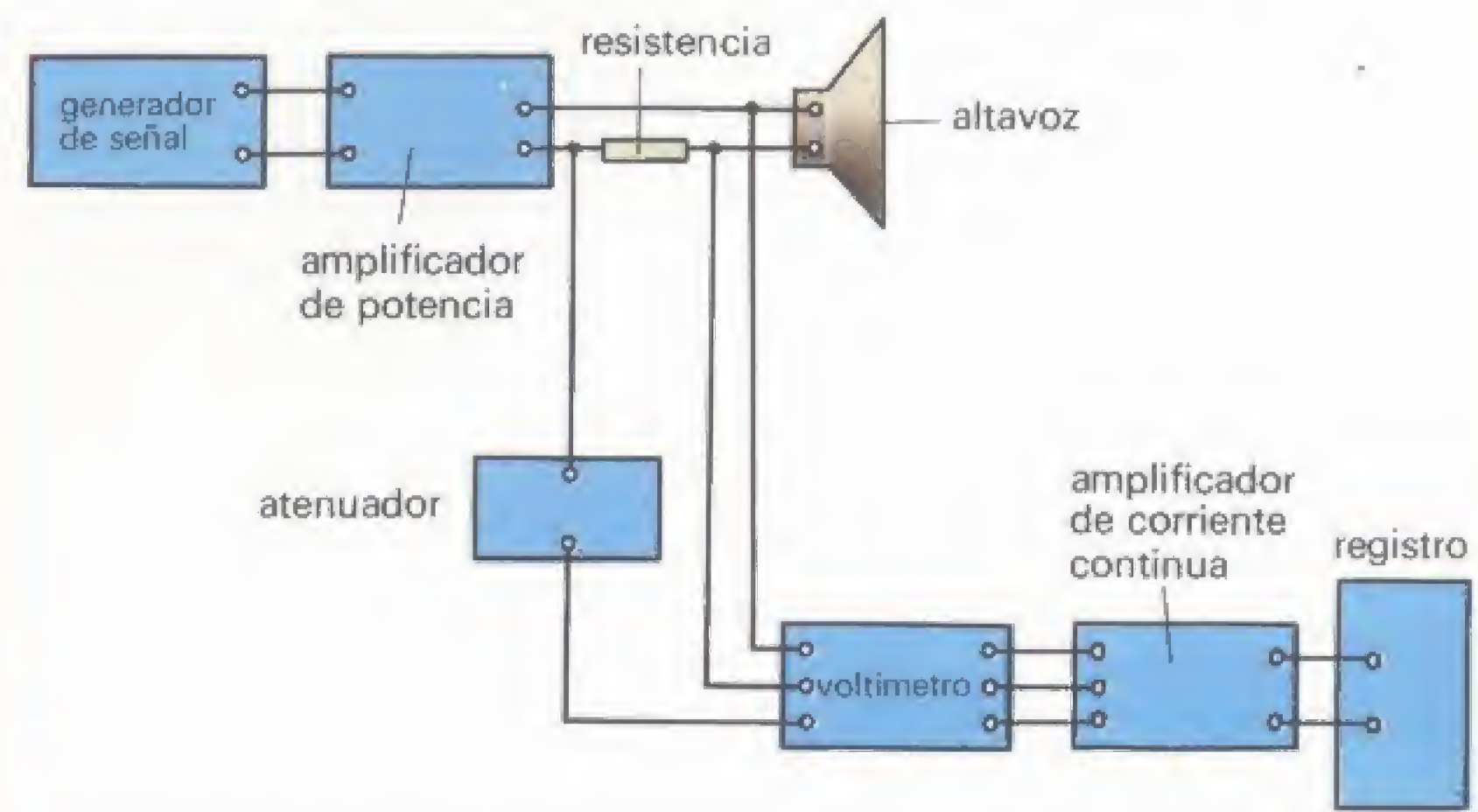
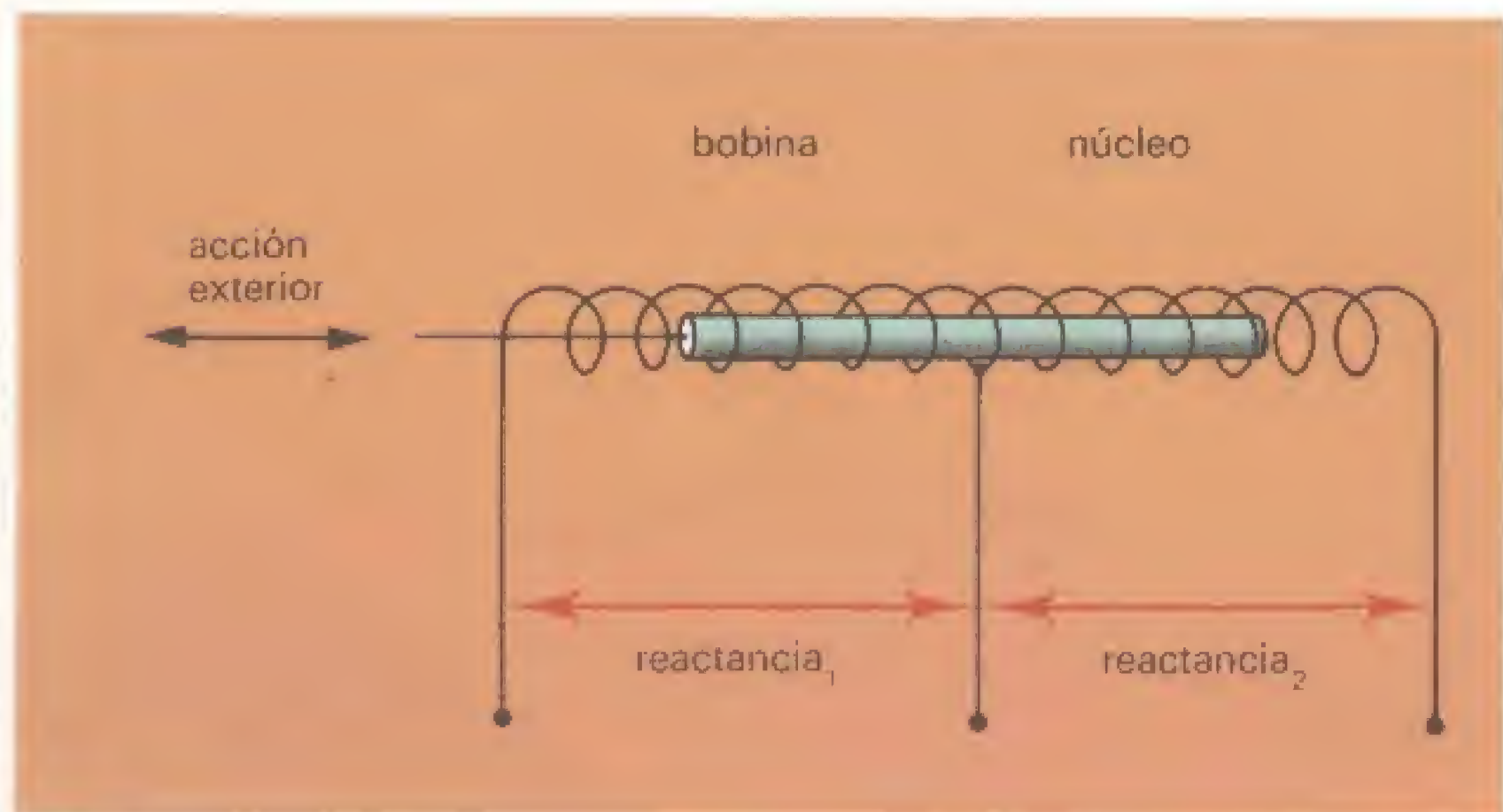
**Extensímetro** Un transductor simple puede garantizar la seguridad de muchas estructuras que soportan cargas pesadas, como, por ejemplo, un puente. El extensi-



En los esquemas de la izquierda, abajo y en la página siguiente, se pueden observar distintos tipos de transductores. A la izquierda, arriba, transductor de presión. El fluido cuya presión se quiere medir se introduce en la cámara de paredes onduladas, a cuya dilatación se opone un muelle. El sistema hace que se desplace un contacto móvil a lo largo de una resistencia, traduciendo las

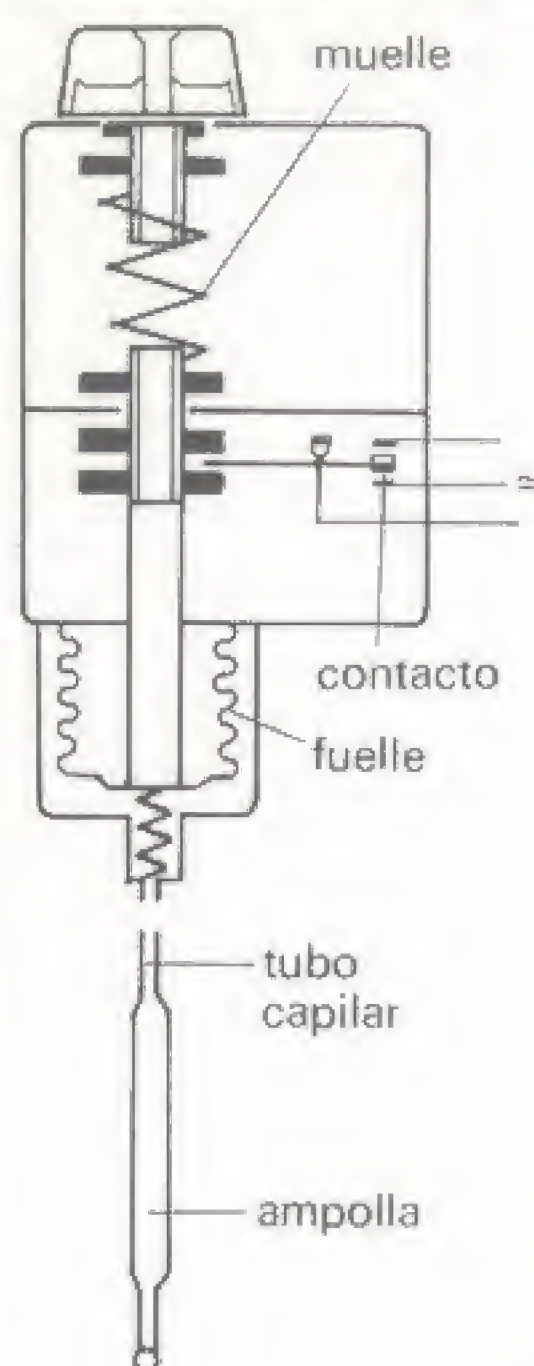
variaciones de presión en variaciones proporcionales de tensión eléctrica. A la izquierda, abajo, transductores electromagnéticos de núcleo móvil que se desplaza por acción mecánica exterior. Este desplazamiento hace que varíen entre ellos los dos valores de la reactancia del circuito, que en condiciones de equilibrio son iguales. Abajo, un esquema para medir la impedancia de la bobina móvil de un

altavoz. Este es un transductor que transforma señales eléctricas en señales acústicas. En la página siguiente, abajo, extensímetros fabricados por fotograbado. Se fabrican pegando una película delgada de aleación de cobre-níquel sobre un soporte adecuado. Sobre la película se graba el trazado con la forma deseada, eliminando con ácido las partes no deseadas.





En los transductores, dispositivos ampliamente utilizados en diferentes campos, la relación entre la magnitud de entrada y la de salida suele ser de proporcionalidad. Los termostatos (a la derecha, y bajo estas líneas) son un ejemplo de transductor. De hecho, están dotados de una sonda que puede detectar la temperatura que se quiere controlar y de dispositivos que transforman la señal detectada en una orden. Los extensímetros son un tipo de transductores que detectan variaciones de tamaño, transformándolas en variaciones de una señal eléctrica.



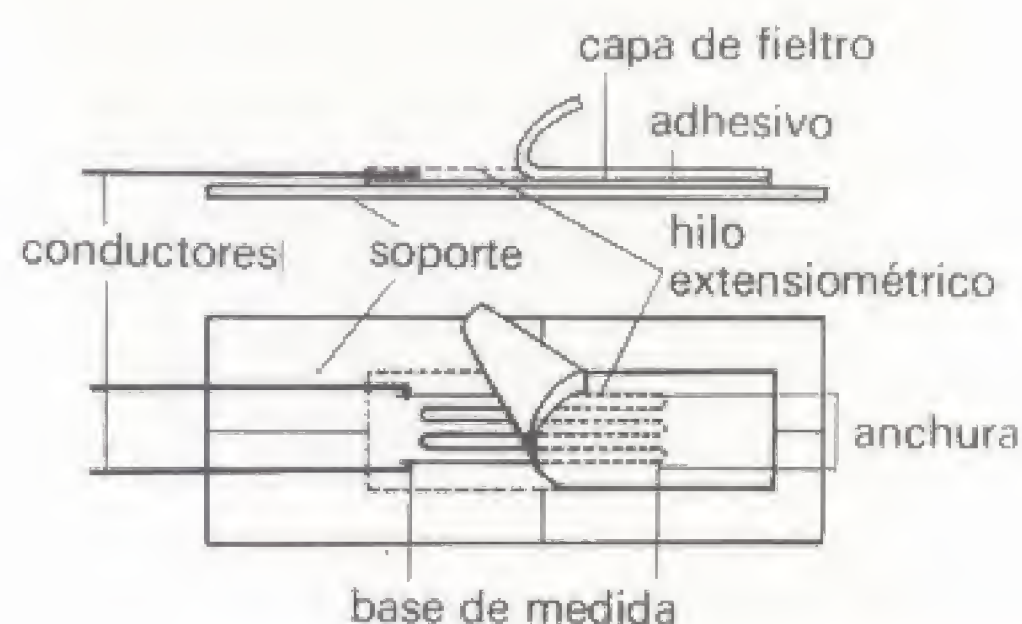
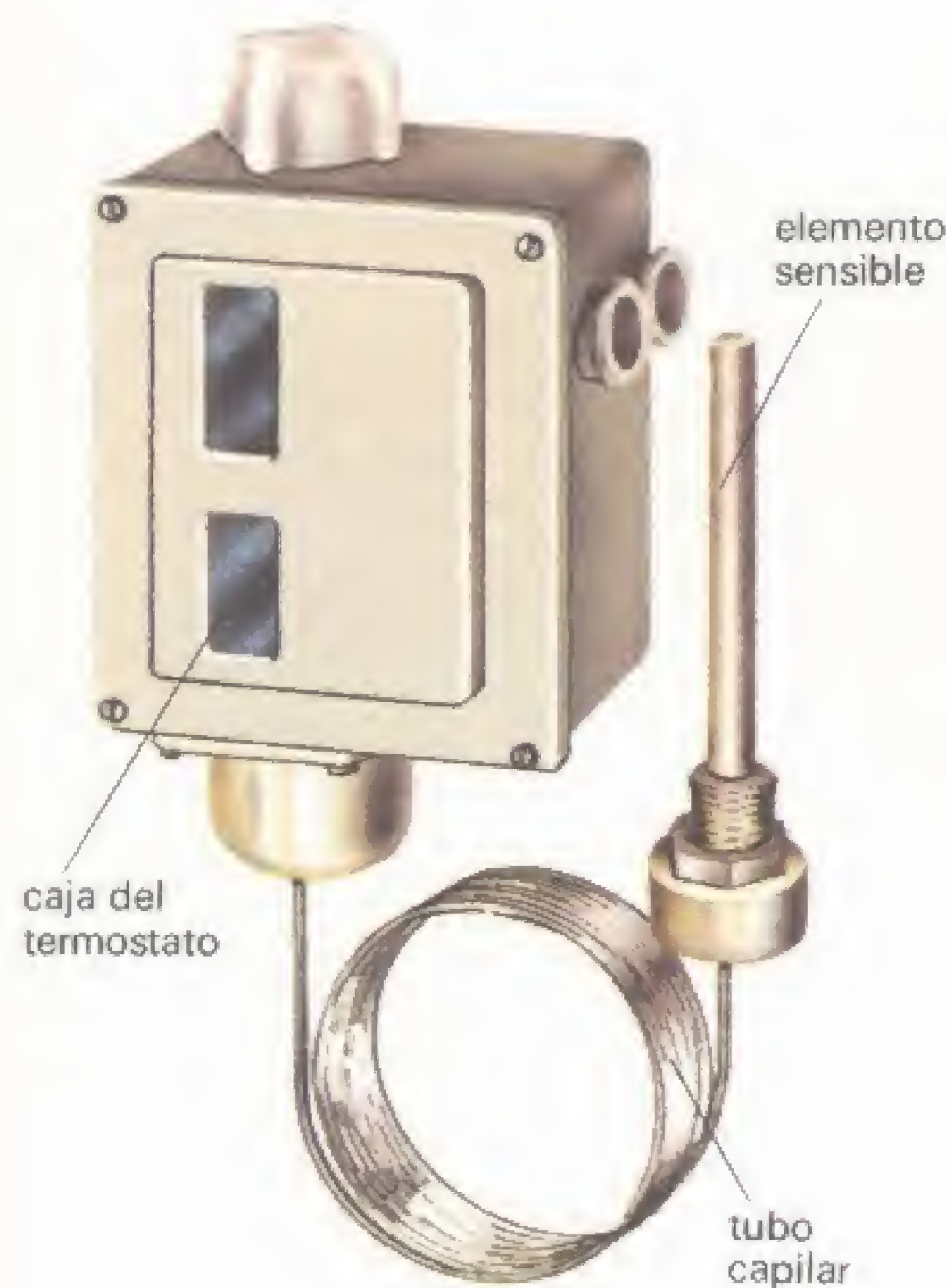
metro es simplemente un conductor fino recorrido por una corriente eléctrica y situado en los puntos cruciales de la estructura. Cuando esta última se ve sometida a un exceso de carga, se deforma, y el hilo conductor también sufre una ligera deformación que conlleva una variación de su resistencia eléctrica. Esta variación se registra en un aparato y, según sea su valor, el operador encargado del control puede saber si la estructura está sometida a un esfuerzo demasiado grande.

Otros transductores de desplazamiento se basan en la piezoelectricidad, una propiedad que tienen algunos materiales por la que generan un campo eléctrico cuando se someten a una deformación.

**Aplicaciones de los transductores** Si se define como transductor cualquier dispositivo que reciba una señal de entrada y emita una señal de salida distinta, estos dispositivos son muy numerosos. En muchos casos, la forma de la señal se mantiene, pero la magnitud que varía es distinta, como en el caso de un micrófono (presión acústica-diferencia de potencial).

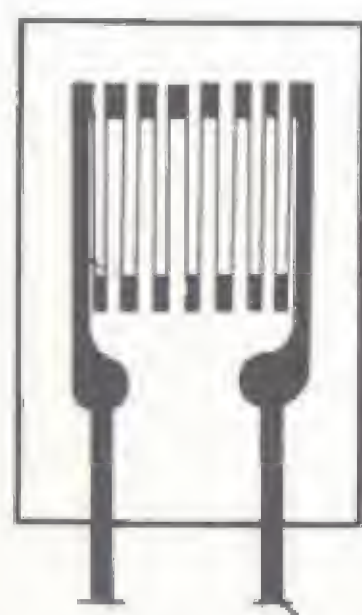
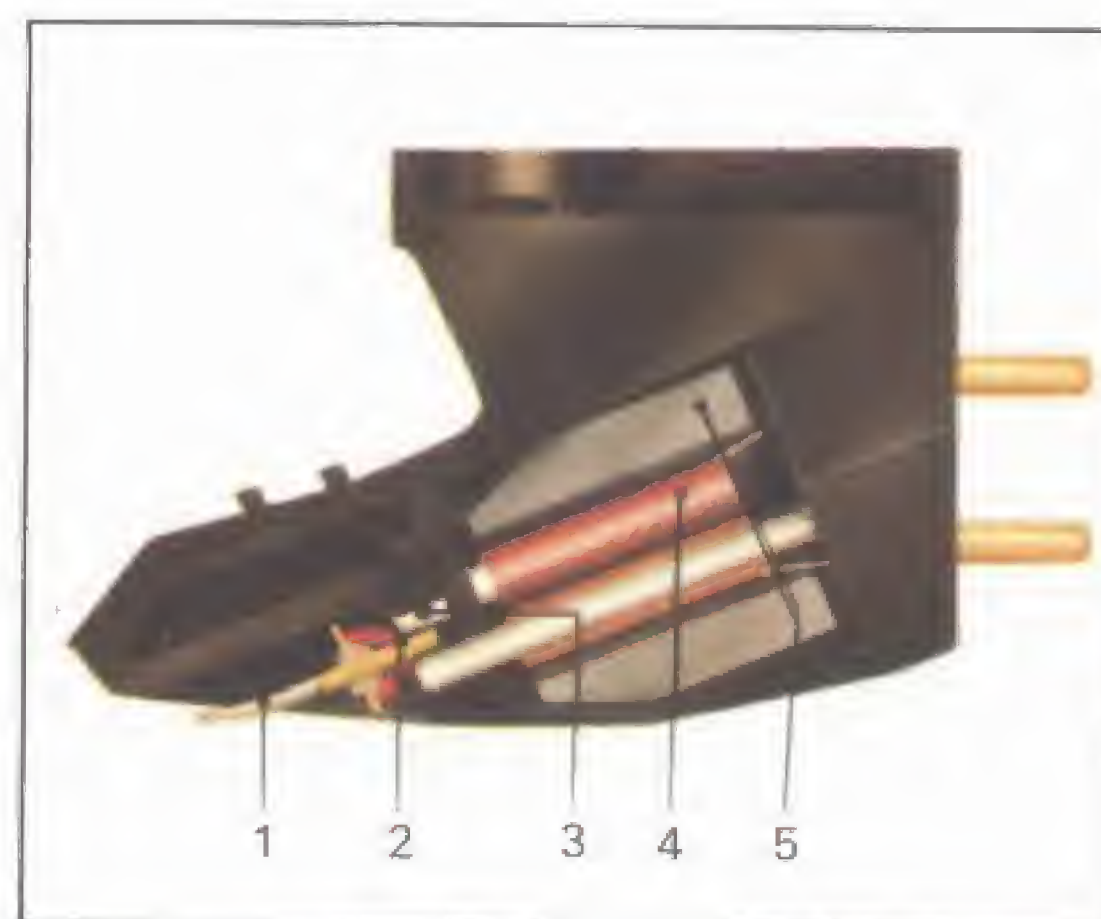
Casi todos los aparatos de medida tienen transductores: desde el anemómetro, que mide la velocidad del viento, al taquímetro, que mide la velocidad de rotación de un eje. Los aparatos de radio y de televisión reciben energía en forma de ondas de radio y la convierten en sonidos e imágenes, las células fotoeléctricas, por su parte, convierten la luz en corriente eléctrica, etcétera.

Véase **Medidas; Oscilador; Osciloscopio y oscilógrafo; Termostato**

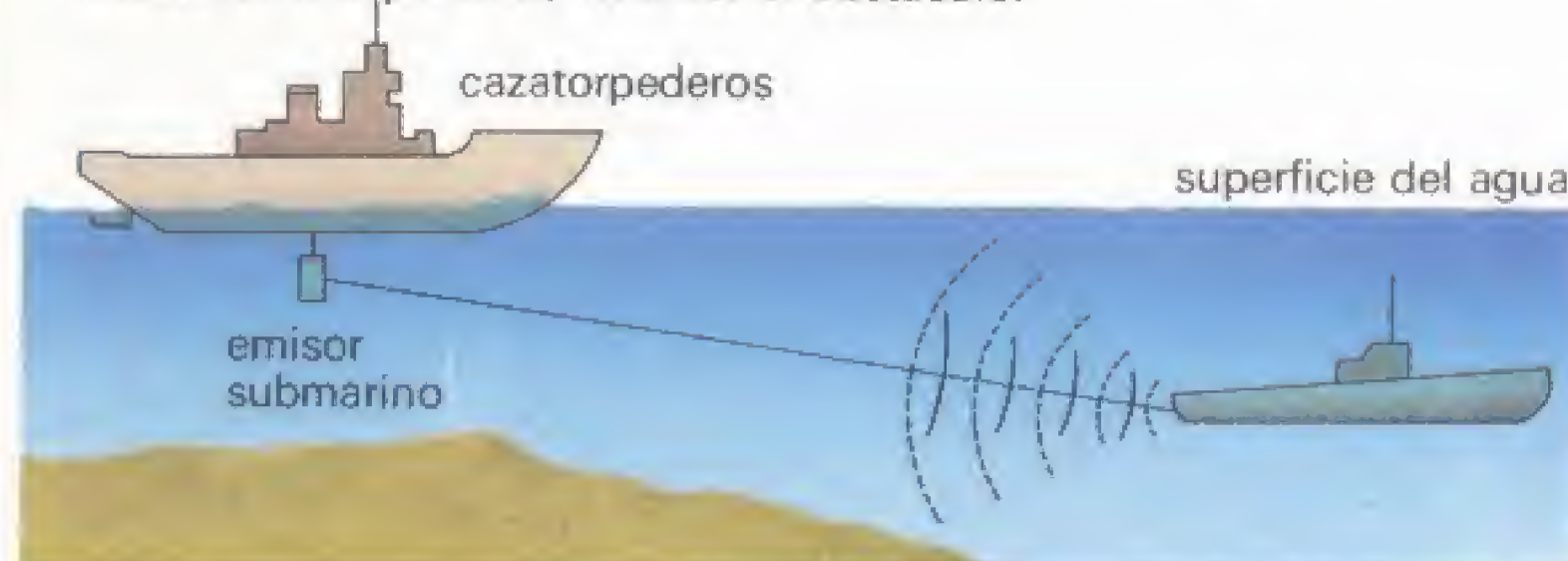


Sobre estas líneas, tres tipos de extensímetros fotograbados en espiral para deformaciones giratorias, con especial aplicación en los diafragmas muy rígidos. Debajo, una cápsula fonorreceptora para discos fonográficos. En este

caso, una aguja sigue el surco del disco y traduce las vibraciones sonoras en variaciones de inducción magnética. 1, soporte de agua; 2, tubito de hierro móvil; 3, bobinas magnéticas; 4, polos; 5, polos magnéticos no permanentes.



El sonar constituye un claro ejemplo de transductor en ambos sentidos. Un dispositivo especial transforma los impulsos eléctricos en señales acústicas que se propagan por el agua. Cuando éstas chocan con algún obstáculo, se reflejan y regresan al punto emisor, donde son, nuevamente, reconvertidas en impulsos eléctricos que permiten, mediante una pantalla, localizar el obstáculo.





# Transfer, máquina

**E**l alto grado de desarrollo alcanzado por nuestra civilización depende, en gran parte, de las técnicas de producción en serie basadas fundamentalmente en las conocidas cadenas de montaje. El corazón de estas cadenas lo constituyen las *máquinas de transferencia*, o *máquinas transfer*, que distribuyen las piezas del montaje a lo largo de las distintas fases de elaboración, y regulan, además, el paso de una cadena a otra. La cinta transportadora es, seguramente, el ejemplo más simple de una máquina de este tipo. Cuando un operario acaba su trabajo en una pieza, la coloca en una de estas cintas, que la transporta al siguiente nivel, en el que otro operario realiza la siguiente operación, y así sucesivamente.

Al principio, las cadenas de montaje no disponían de máquinas de transferencia. Cuando un operario acababa su trabajo, colocaba la pieza en una caja que era transportada a mano hasta el puesto de trabajo del operario siguiente, acarreado graves pérdidas de tiempo en el ritmo de producción.

Las máquinas de transferencia eliminaron esta práctica, ya que las piezas empezaron a transportarse de un punto a otro de la cadena con la ayuda de medios mecánicos automatizados.

**Tipos de máquinas transfer** Existen distintos métodos para transportar las piezas. En muchas instalaciones, éstas se desplazan sobre carriles, y son arrastradas



Citroën

mediante una cadena. Algunas veces, las piezas más pesadas son empujadas a lo largo de su recorrido por medio de pistones hidráulicos o por medio de aire comprimido. En otros casos las piezas se transportan por las distintas secciones de la fábrica colgadas en ganchos, que discurren por carriles elevados. Cuando la pieza ha

llegado a una determinada sección de trabajo, en algunos sistemas se tiene que detener la pieza y situarla en la posición correcta para su elaboración.

Las piezas ligeras las puede recoger directamente el operario de una cinta transportadora. Si la pieza es pesada, el operario la puede parar cuando llegue delante de él mediante un pasador de parada retráctil, que se introduce en un agujero situado debajo del plato transportador. El conjunto queda retenido durante el tiempo que dura la operación, mientras las otras piezas esperan en sus platos de transporte respectivos.

Algunas veces, los platos de transporte presentan problemas, como puede ser el conseguir que la pieza quede firmemente sujeta a ellos. Para evitar este problema, las propias piezas suelen ser proyectadas de forma que incluyan los agujeros necesarios para su sujeción. Cuando el trabajo queda finalizado, se retiran los pasadores y la pieza puede continuar su recorrido y llegar a los sucesivos puntos de la cadena.

**Automatización y máquinas de transferencia** Actualmente, las instalaciones industriales se están automatizando cada vez más y las cadenas de montaje ya no las manejan los mismos operarios, sino ordenadores que gobiernan su ritmo de funcionamiento. Las máquinas de transferencia transportan las piezas de una sección a otra de la fábrica, donde máquinas-herramienta, altamente especializadas, ejecutan una gran cantidad de procesos sobre cada pieza. Máquinas de transferencia de grandes dimensiones, trabajando bajo el control totalmente automatizado, pueden transportar, y colocar en la forma adecuada, un motor de automóvil desde una máquina herramienta (también automatizada) a otra, evitando así la presencia de operarios en muchas fases de la cadena.



Oppent, Srl Milan





En la página anterior, arriba, se puede observar cómo las máquinas de transferencia han encontrado un importante campo de aplicación en las cadenas de montaje de

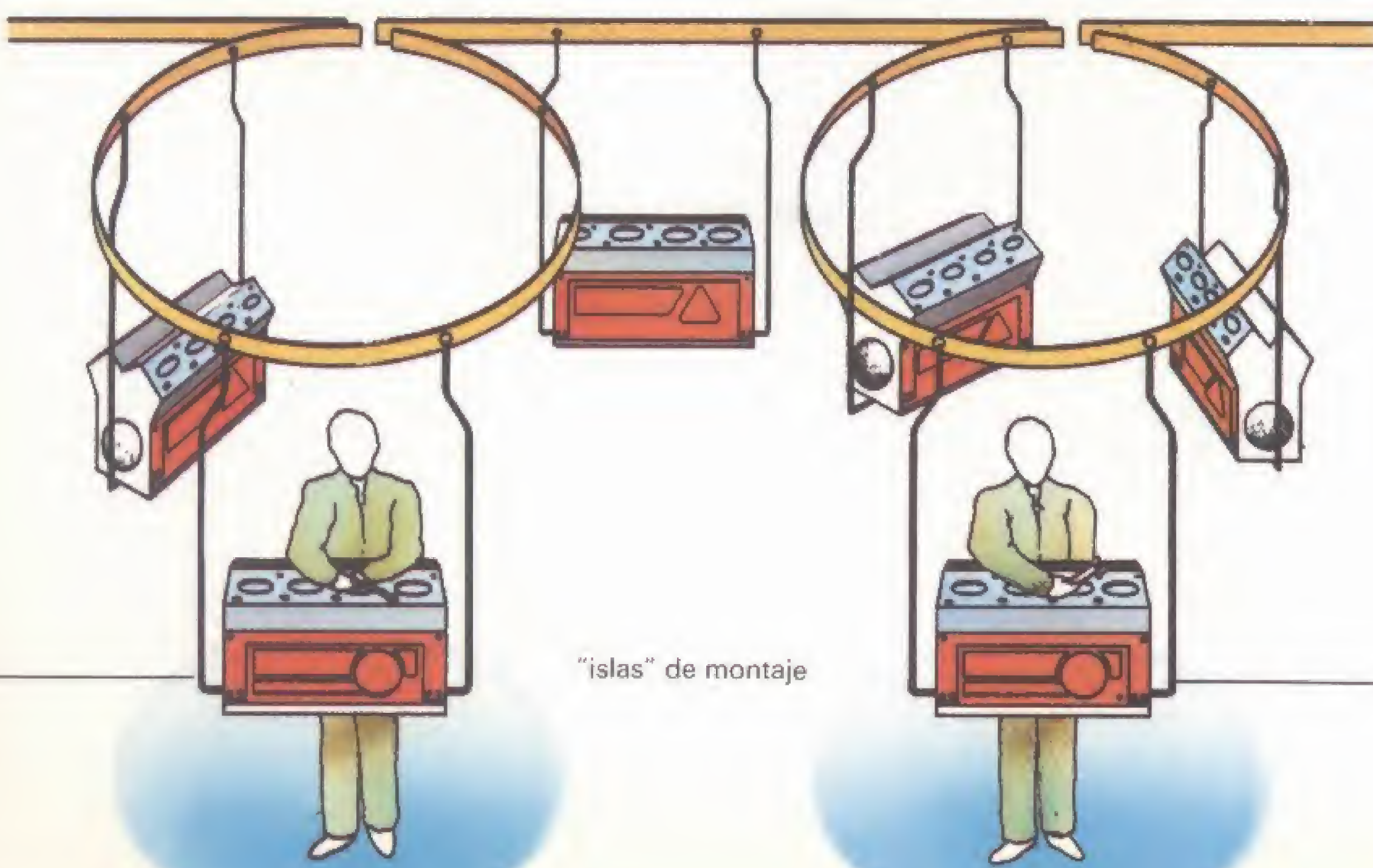
automóviles. La primera cadena de este tipo fue utilizada por Henry Ford en Estados Unidos. Los sistemas de transferencia de documentos constan de una estación de

envío y de una central de recepción. En la página anterior, abajo, a la izquierda, puesto de trabajo con estación de envío; a la derecha, oficina postal de una sociedad comercial. Sobre estas líneas,

aspecto típico de las máquinas de transferencia utilizadas en una industria automovilística. Cada operario está encargado de realizar ciertas operaciones sobre cada unidad que

llega. Este esquema de funcionamiento permite reducir los tiempos de elaboración. Bajo estas líneas, esquema de una cadena de montaje típica, donde cada operario realiza una

determinada operación en la pieza. Debajo, esquema del sistema de montaje en "islas", en el que cada operario puede realizar diversas operaciones sobre cada unidad.



Los ordenadores pueden además tomar decisiones relacionadas con los procesos de selección, elaboración y acabado de las piezas. Pueden establecer cuándo una herramienta está excesivamente desgastada, así como comprobar si ha llegado una pieza defectuosa a la sección de elaboración. En este caso, pueden retirar la pieza del proceso productivo y evitar así que se realicen costosas operaciones sobre una pieza a desechar.

Distintos tipos de sensores están dispuestos en puntos clave a lo largo de las cadenas de montaje, con el fin de medir peso, temperatura y otros parámetros necesarios en la producción. Los sensores no sólo efectúan medidas precisas y controles de calidad sobre la pieza, de acuerdo con los niveles de calidad programados, sino que también se ocupan de controlar su posición exacta, en el espacio y en el tiempo, sobre la cadena de montaje.

Los sensores ópticos, basados en el uso del láser, alcanzan tales niveles de complejidad y precisión que son capaces de conocer el estado de elaboración de las distintas piezas que se mueven a lo largo de la cadena de montaje, a la vez que controlan el estado de las máquinas-herramienta y de transferencia, con el fin de que éstas puedan desarrollar el trabajo apropiado en las mejores condiciones.

Véase Cinta transportadora



# Transformador

**S**i se observan detenidamente las líneas de alta tensión, que a menudo discurren paralelas a las carreteras, se puede apreciar que de vez en cuando hay una torre con un gran objeto negro del que se derivan cables que llegan hasta algún edificio cercano. Este objeto negro es un transformador, un aparato que, como su propio nombre indica, transforma la energía eléctrica desde un nivel conveniente para su transporte a larga distancia a otro nivel más adecuado a los usos normales. De forma muy general, puede decirse que un transformador hace pasar la energía eléctrica de un circuito a otro a través de un circuito magnético, conservando la potencia pero modificando el voltaje y la intensidad.

La *corriente alterna* (por ejemplo, la generada en las centrales eléctricas normales) recibe este nombre porque su sentido de circulación cambia rápidamente ha-

cia adelante y hacia atrás dentro del conductor (cada movimiento de ida y vuelta recibe el nombre de "ciclo"). La corriente que proporcionan las redes de distribución de los distintos países europeos es corriente alterna con una frecuencia de cincuenta ciclos por segundo, mientras que en Estados Unidos esta frecuencia es de sesenta ciclos por segundo.

Al pasar una corriente eléctrica por un conductor, da lugar a un campo magnético  $B$ , cuyo valor depende de la intensidad de la corriente, del medio en que se encuentre y de la distancia. Al variar el sentido de la corriente, varía evidentemente el valor del campo magnético inducido que, a lo largo de cada ciclo, oscila en el intervalo  $[-B, +B]$ .

Si al lado del conductor por el que circula la corriente se coloca otro nuevo, el campo magnético variable induce una corriente eléctrica en él. Además, a pesar de

que los dos conductores no estén en contacto, la corriente inducida en el segundo conductor será también alterna, con la misma frecuencia que tiene la primera.

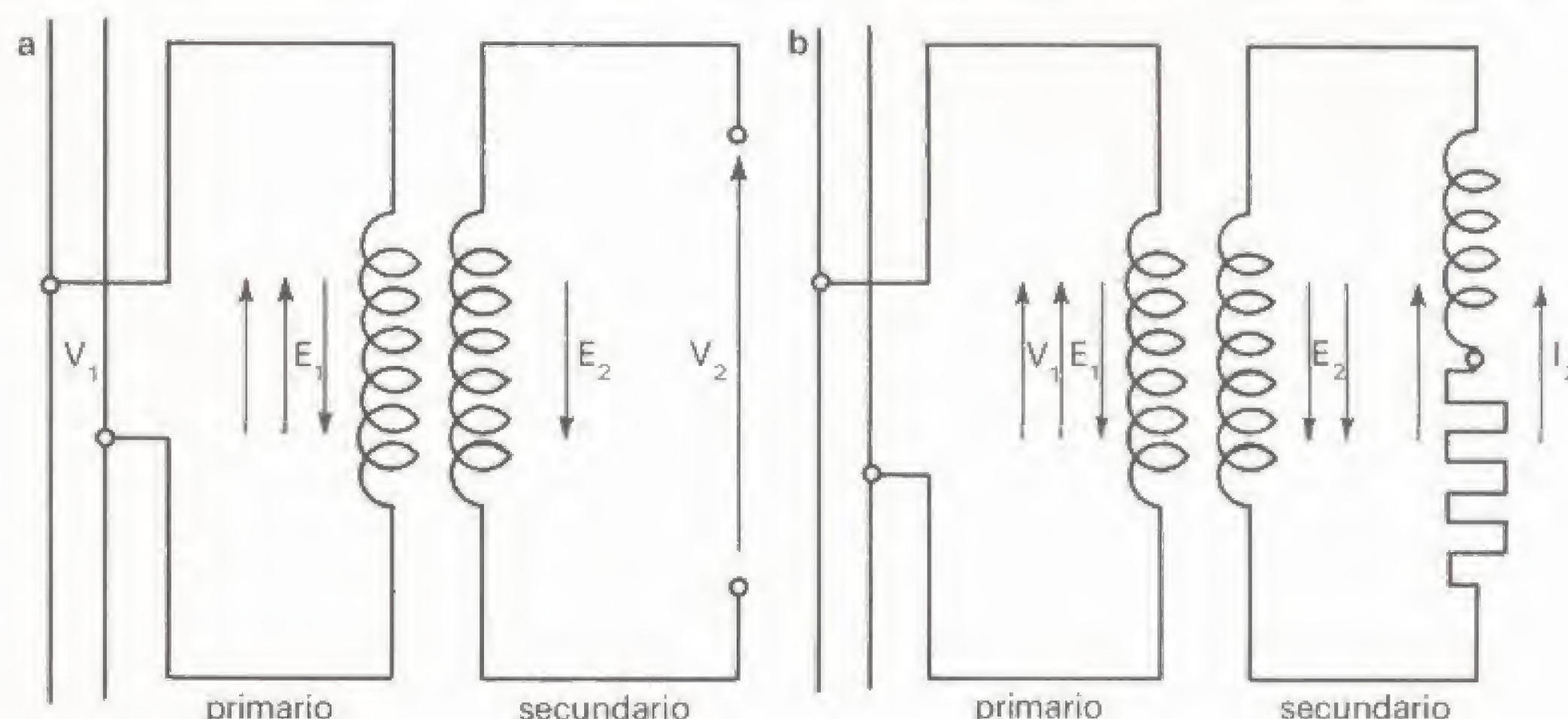
El transformador aprovecha este fenómeno de *inducción magnética* para transferir la corriente de un circuito a otro.

**La tensión** La función principal del transformador no es transferir corriente de un circuito a otro, sino cambiar la *tensión* (o voltaje, que representa el potencial eléctrico de la corriente para realizar un trabajo) y la *intensidad* de la corriente. Al pasar por un transformador, el producto de la tensión por la intensidad permanece constante, excepto algunas pequeñas pérdidas que siempre existen.

Por razones económicas, las líneas eléctricas transportan la electricidad producida en las centrales a tensiones muy altas (400.000 voltios e incluso más). Estas

Bajo estas líneas se representa una sección de un transformador trifásico. Como todos los aparatos eléctricos, los transformadores pueden ser monofásicos, bifásicos o trifásicos, según sea la red que se vaya a utilizar. Dentro de

los transformadores, el más utilizado es el trifásico, por ser las redes trifásicas las más usuales. Un transformador trifásico es el conjunto de tres transformadores monofásicos cuyos circuitos primario y secundario están conectados entre sí.

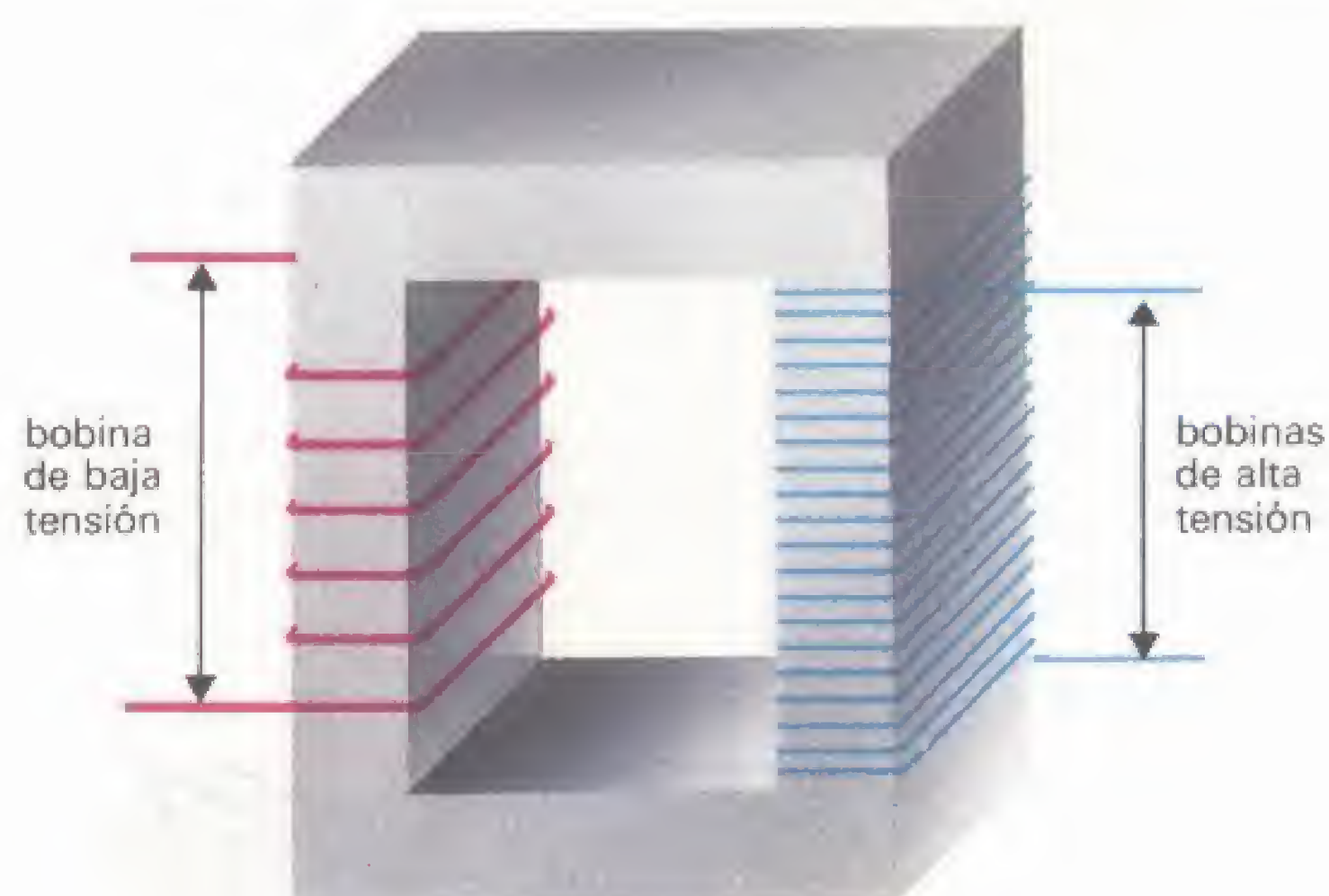


El esquema sobre estas líneas (a) representa el funcionamiento de un transformador "en vacío", es decir, con el secundario en circuito abierto: en el primario se aplica una tensión

$V_1$ , cuya corriente correspondiente induce un flujo magnético en el núcleo; a su vez, éste induce en el primario una fuerza electromotriz  $E_1$  y en

el secundario una f.e.m.  $E_2$ , que es la tensión  $V_2$  en bornas del secundario. En cambio, en el esquema (b) se representa el funcionamiento de un transformador "en

carga" (formada por una resistencia y una bobina). La f.e.m.  $E_2$  del secundario hace que circule una corriente  $I_2$  por la "carga".

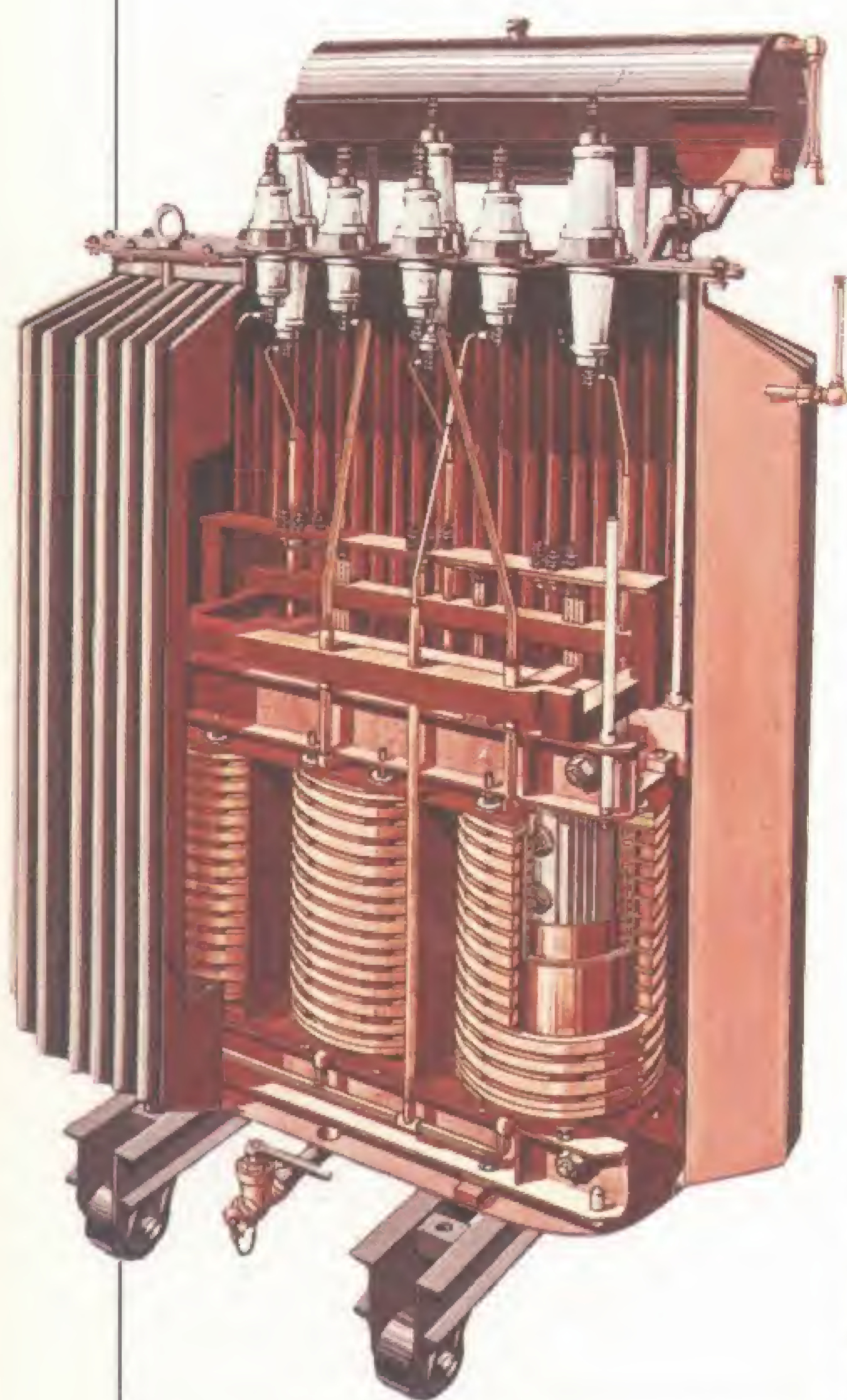


El esquema sobre estas líneas representa un transformador monofásico: está compuesto por un núcleo de material magnético de alta permeabilidad, sobre el que están enrolladas

dos bobinas separadas y aisladas. Una de ellas se llama primaria, que en este caso tiene un número de espiras menor, y la otra, secundaria, con un número de espiras mayor. Como el

transformador es reversible, se pueden intercambiar entre sí. Cuando la bobina de baja tensión (menor número de espiras) se alimenta como primaria, el transformador funciona

como elevador de tensión, mientras que si se alimenta la bobina de alta tensión (mayor número de espiras) como primaria, el transformador funciona como reductor de tensión.

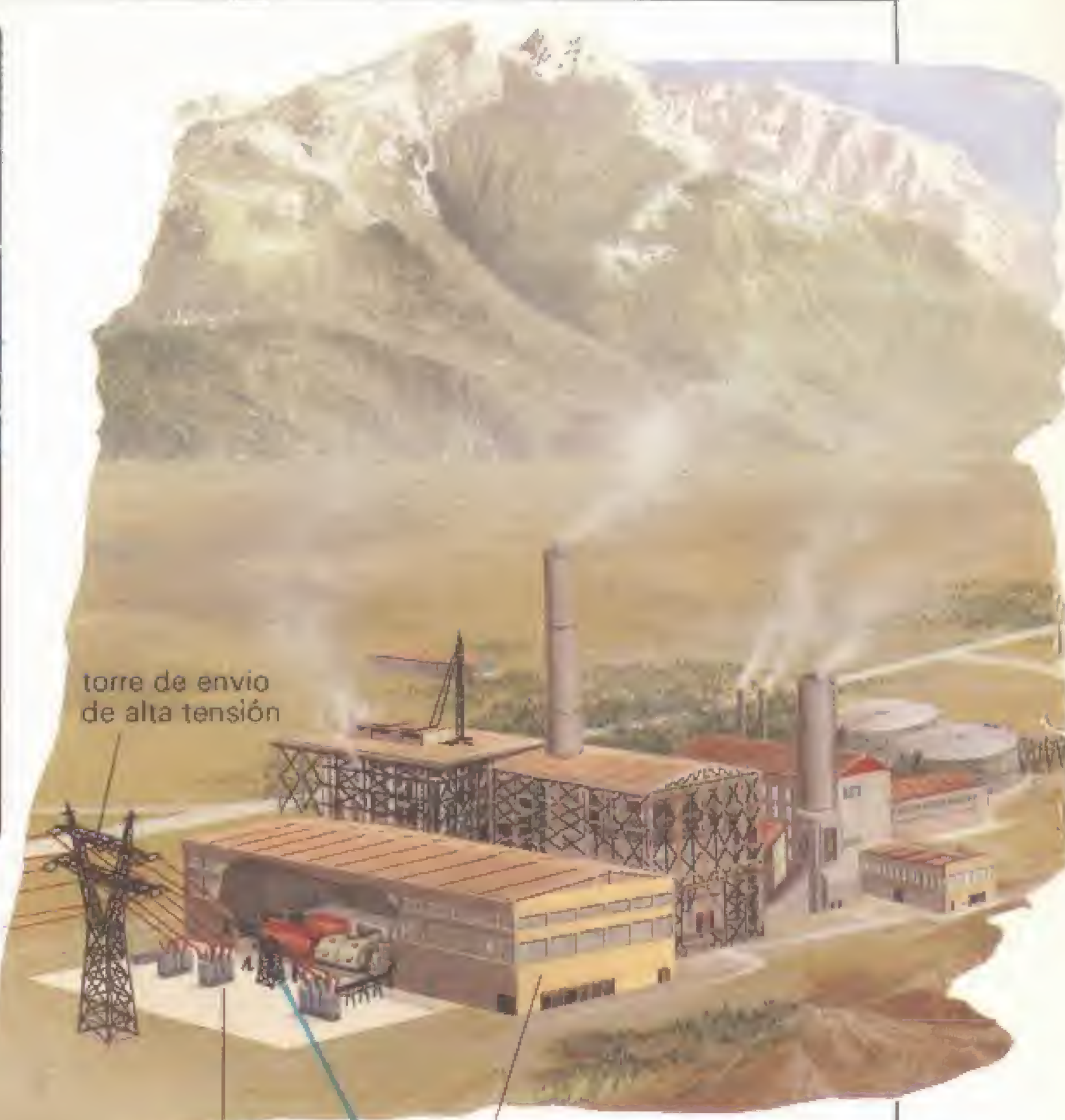




tensiones tan altas permiten el transporte de la corriente a largas distancias, reduciendo las pérdidas debidas al calentamiento de los cables por el efecto Joule. En cambio, la tensión que se utiliza en casas y oficinas debe ser muy baja por cuestiones de seguridad: es necesario, por tanto, que existan transformadores que reduzcan la alta tensión de las líneas de transporte a las bajas tensiones de consumo cotidiano.

En el dibujo de abajo se ha resumido el camino que sigue la corriente eléctrica desde su generación (central eléctrica) hasta el usuario en una ciudad. Normalmente, las centrales termoeléctricas se encuentran bastante

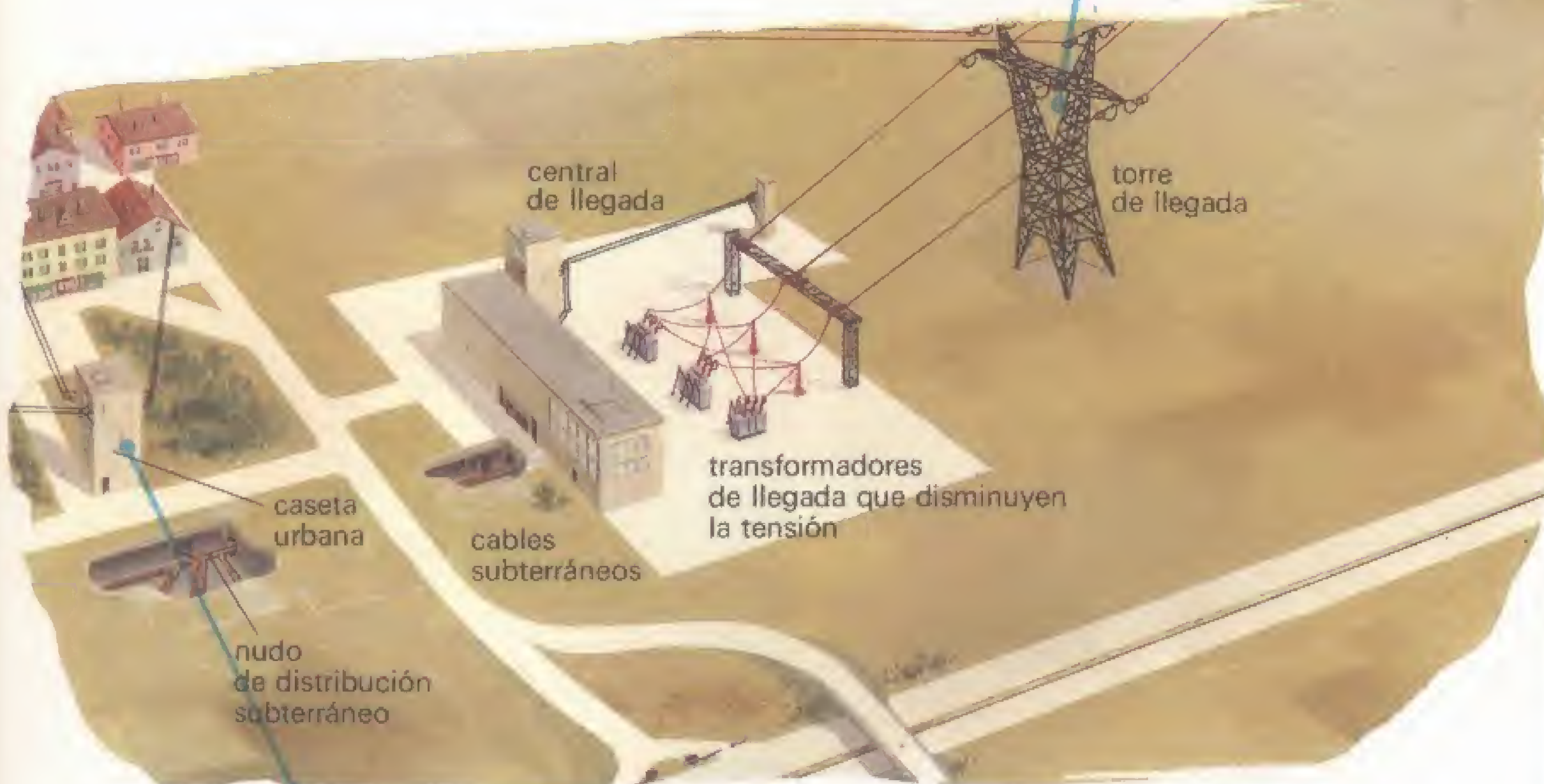
alejadas de los centros de consumo, siendo más económico transportar la energía eléctrica que el combustible que alimenta la central. A la derecha de estas líneas, una torre metálica perteneciente a una línea de alta tensión.



torre de envío de alta tensión

central termoeléctrica

transformadores que elevan la tensión para el transporte de la energía eléctrica



central de llegada

torre de llegada

transformadores de llegada que disminuyen la tensión

cables subterráneos

caseta urbana

nudo de distribución subterráneo

**Construcción del transformador** Los transformadores son, en realidad, aparatos muy simples, formados por dos o más bobinas de hilo de cobre enrolladas sobre un núcleo de material ferromagnético. Una de estas bobinas está conectada a la línea primaria de energía eléctrica, y la otra a un circuito separado, como puede ser la caja de derivación y distribución colocada a la entrada de una vivienda.

La reducción de tensión del circuito primario al secundario es muy fácil de calcular: es proporcional a la relación que existe entre los números de espiras de hilo que forman cada una de las dos bobinas. Por ejemplo, para transformar una tensión de 22.000 voltios a la de red de 220 voltios (relación de cien a uno), el circuito primario del transformador tiene que tener un número de espiras cien veces mayor que el del secundario.

Véase Bobina eléctrica; Circuito eléctrico; Electricidad; Electromagnetismo



En la estación transformadora de llegada, la tensión se reduce a un valor que puede oscilar entre 500 y 3.000 voltios, todavía muy por encima de los valores de consumo. Para realizar la última transformación a la tensión de consumo usual de 220 voltios, se utilizan pequeños transformadores situados en cabinas. En el caso de núcleos aislados, los transformadores se pueden instalar en los postes de las líneas,

como en la imagen de la izquierda. Para elevar la tensión de transporte (para grandes distancias, la tensión más conveniente es de 230.000 voltios) se utilizan grandes transformadores, como el de la foto superior. Entre los transformadores y las líneas de alta tensión se suelen colocar algunos aisladores, formados por pilas de elementos de porcelana con poder aislante y resistencia muy elevada.





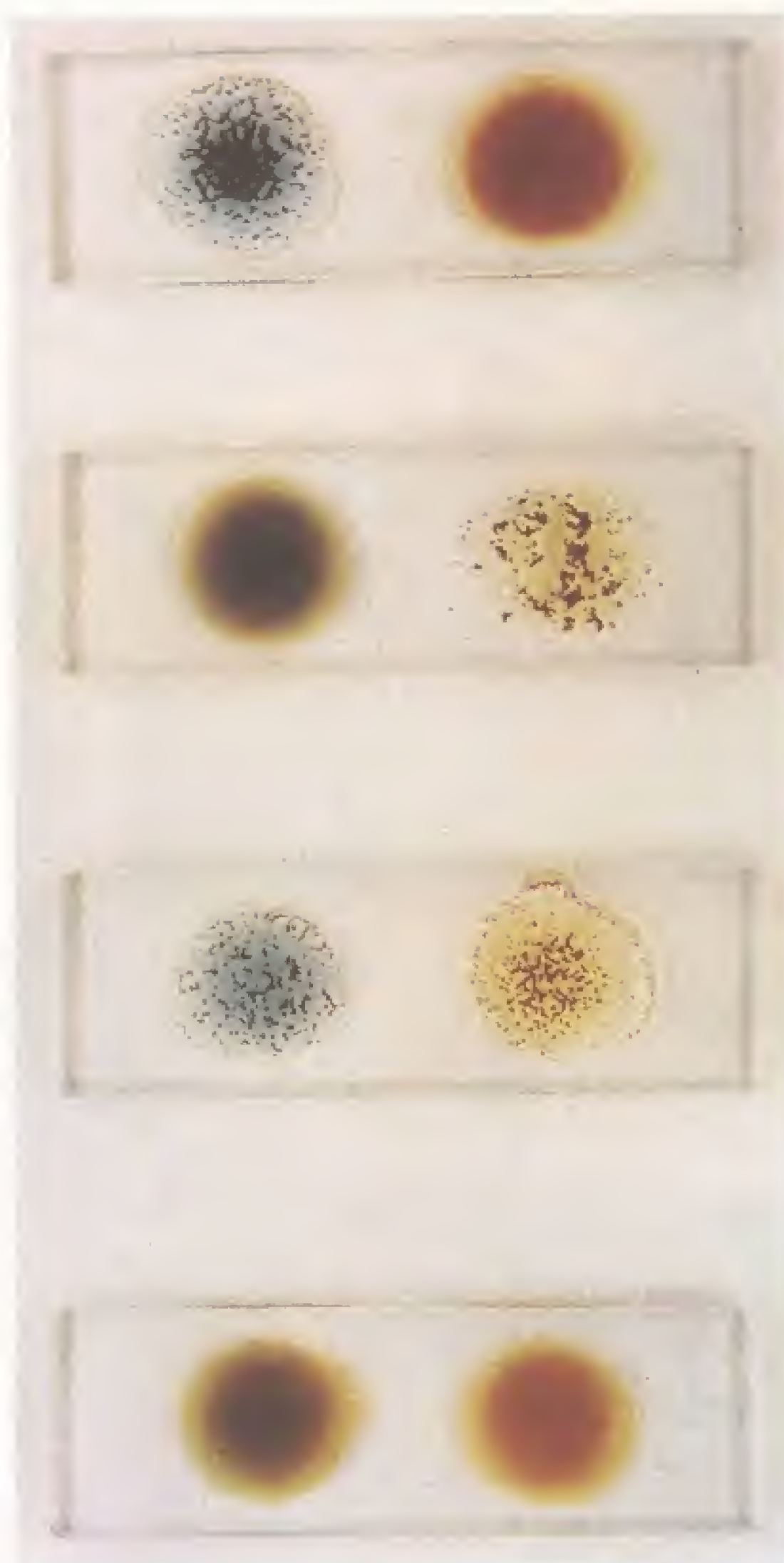
# Transfusión sanguínea

La utilización de la sangre como medida terapéutica es antigua en medicina. Ya los egipcios pensaban que los baños de sangre rejuvenecían y se cuenta que los romanos se precipitaban a beber la sangre de los gladiadores muertos en el momento en que finalizaba el combate.

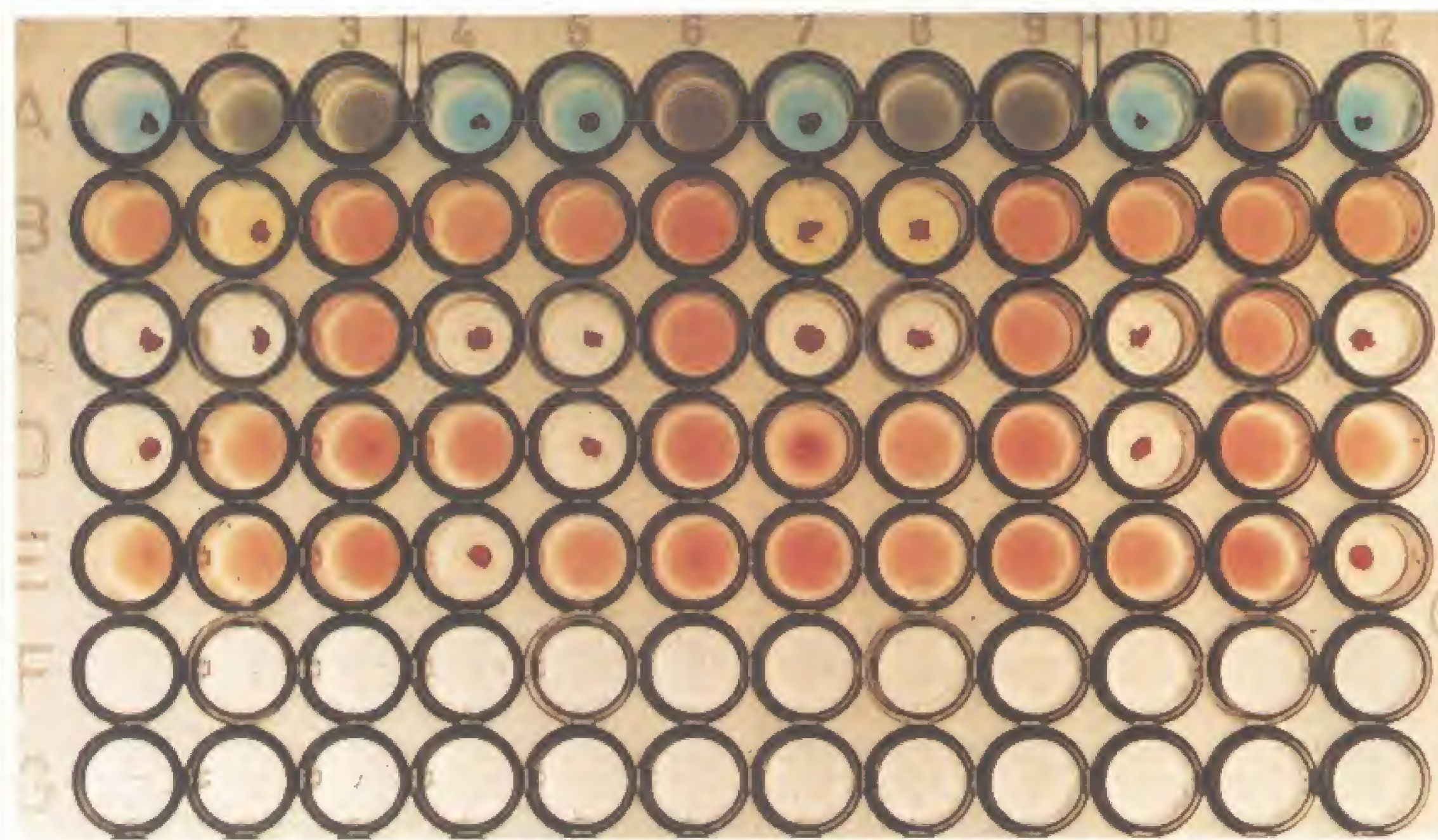
En el año 1628, William Harvey describió la circulación de la sangre desde un punto de vista mecánico, y los tratados de medicina de los siglos XVII y XVIII describían ya los primeros intentos de transfusión sanguínea efectuados mediante la utilización de plumas de aves, tubos metálicos y algunos tipos de válvulas bastante primitivas. A finales del siglo XIX, el número de transfusiones de sangre humana mencionado en estos tratados ascendía a 347, al que se añadían 129 intentos de transfusión con sangre animal: en todos los casos, la reacción del enfermo era bastante violenta.

No fue hasta los comienzos del siglo XX, con el descubrimiento de los grupos sanguíneos, cuando la transfusión llegó a convertirse en el importante tratamiento terapéutico que es en la actualidad.

**La donación de sangre** Mediante la transfusión, la sangre tomada de un individuo sano se inyecta en las venas de un individuo que la necesita. Esta operación puede llevarse a cabo directa o indirectamente. En el primer caso, la sangre pasa inmediatamente desde el individuo do-



A la izquierda, varios portaobjetos comunes sobre los que se disponen las muestras de sangre para efectuar la



determinación de los grupos sanguíneos. Si no se conoce el grupo no puede llevarse a cabo la transfusión más que con sangre del grupo O, y esto sólo si es estrictamente necesario. De arriba a abajo: sangre tratada con anticuerpo anti-A (a la izquierda) y con anticuerpo anti-B (a la derecha): el primero aglutina los glóbulos rojos, y la sangre pertenece por tanto al grupo A. En el siguiente portaobjetos, glóbulos rojos aglutinados por el anti-B y no por el anti-A: grupo B. En el tercero, glóbulos aglutinados por ambos sueros, anti-A y anti-B:

grupo AB. Finalmente, glóbulos que no son aglutinados ni por uno ni por otro suero: grupo O (cero). La determinación del grupo Rh se realiza también fácilmente: arriba, a la derecha, el suero anti-D (o anti-Rh) ha producido una reacción negativa, en el primer tubo de ensayo; en el de abajo, la reacción ha sido positiva. En los centros de transfusión y en los bancos de sangre es necesario efectuar una gran cantidad de análisis relativos a los grupos sanguíneos y otros de tipo accesorio. A la izquierda podemos observar un grupo de probetas en un analizador.

nante al receptor mediante los oportunos aparatos. En el segundo, la sangre extraída sistemáticamente de los sujetos donantes es acumulada en bancos de sangre para ser utilizada posteriormente en aquellos casos de necesidad.

El donante debe ser adulto, gozar de unas condiciones de salud óptimas, y estar carente de cualquier agente patógeno. En efecto, enfermedades como el paludismo, la hepatitis sérica y la sífilis pueden ser transmitidas fácilmente mediante una transfusión sanguínea. Otras enfermedades como la anemia y algunos tipos de

alergias, e, incluso, las extracciones dentarias, son alteraciones físicas que desaconsejan una donación de sangre. Entre una donación y otra deben transcurrir, al menos, entre seis y ocho semanas.

**¿Cómo se utiliza la sangre?** La hemoterapia (esto es, el tratamiento mediante transfusiones sanguíneas o derivados de la sangre) se utiliza con frecuencia en casos de hemorragias graves, quemaduras y estados de shock. Las transfusiones son también de gran ayuda en el tratamiento de la hemofilia, de las enfermedades he-

morrágicas hereditarias, de muchas formas de leucemias, de las leucopenias (carencia de glóbulos blancos) y de las alteraciones de los órganos hemopoyéticos (formadores de sangre). Incluso la cirugía, a pesar de la tecnificación que ha alcanzado en la actualidad, no sería posible sin las transfusiones sanguíneas.

La sangre se utiliza de muy diversos modos, según las circunstancias y las disponibilidades. En el caso de las transfusiones indirectas, la sangre se recoge en un contenedor estéril y se trata mediante la adición de sustancias que impiden la coa-



gulación. El plasma, la parte "líquida" de la sangre, se separa de los glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas, que constituyen la parte "sólida", mediante la centrifugación o la sedimentación natural.

Otros elementos de la sangre, como las proteínas del plasma, la albúmina, el fibrinógeno y las fracciones globulínicas también se utilizan por separado. Las plaquetas, es decir, los corpúsculos que intervienen en la coagulación, y el fibrinógeno se utilizan para el tratamiento de muchas enfermedades hemorrágicas.

Cada uno de los componentes de la sangre posee propiedades específicas, por lo que puede utilizarse en situaciones concretas: la sangre propiamente dicha, con todos sus componentes, se utilizará en los casos de hemorragias por accidentes u operaciones; los glóbulos rojos, en las anemias; los glóbulos blancos, para prevenir y combatir las infecciones; el plasma, para el tratamiento del shock; la albúmina, también para el shock y la malnutrición; las gammaglobulinas, los anticuerpos presentes en el plasma (moléculas que combaten la infección), para prevenir algunas enfermedades, como la hepatitis vírica y el sarampión, y también para reforzar las



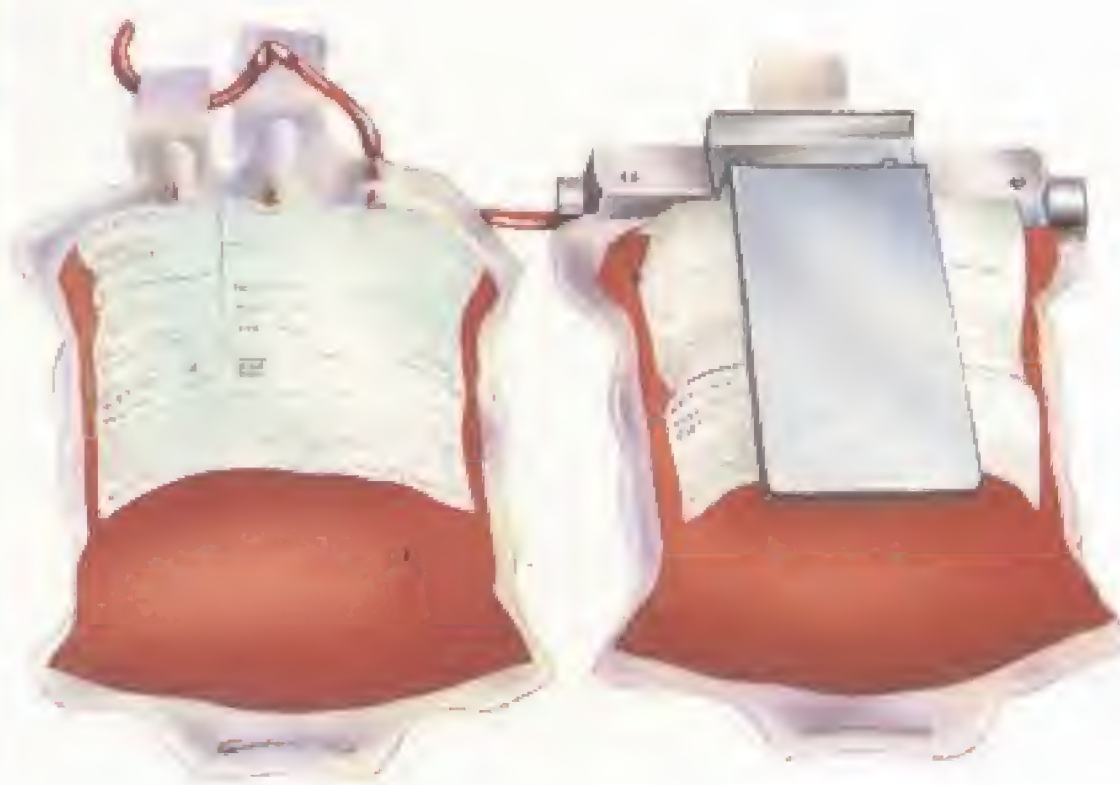
defensas orgánicas cuando se ha producido un contagio.

**La conservación de la sangre** La sangre, una vez recogida, puede ser tratada con la adición de dextrosa para nutrir a los glóbulos rojos, que tienden a experimentar un proceso de lisis (disolución de las células). Sin embargo, dentro de los primeros veintiún días, la sangre recogida mantiene las mismas características que la sangre fresca. Es posible, no obstante, conservar la sangre fraccionada durante distintos períodos de tiempo.

Abajo, a la izquierda, un numeroso grupo de bolsas Baxter en un banco de sangre. Estas bolsas se conservan, junto con su valioso contenido, en condiciones de temperatura controlada, de lo que se encargan unas cámaras frigoríficas adecuadas. La centrifugación de la sangre para la separación del plasma exige la utilización de dispositivos especiales.

Las bolsas que contienen la sangre son flexibles, por lo que podrían deformarse al ser centrifugadas, impidiendo, así, una buena separación del líquido. Para evitar este inconveniente, se han adoptado centrifugadoras especiales, como la que aparece a la derecha. Este aparato dispone de unos contenedores para las bolsas, de forma que al disponer éstas en sentido radial se realice la operación de centrifugado en unas condiciones perfectamente controladas que evitan que el material separado, plasma y glóbulos, pueda volver a mezclarse (arriba). Bajo estas líneas, las bolsas especiales en las que se recoge la sangre para su centrifugación y desde

las que pueden efectuarse las tomas de muestras en condiciones asépticas.



**Controles** Antes de la transfusión es imprescindible comprobar que existe compatibilidad entre las sangres del donante y del receptor mediante la determinación de los grupos sanguíneos; en caso de que no exista dicha compatibilidad, debe recurrirse a excepcionales medidas precautorias, si se trata de una transfusión urgente.

Toda muestra de sangre debe ser controlada dos veces mediante métodos diferentes, para aumentar, así, el margen de seguridad. En primer lugar, es preciso determinar el grupo del sistema A-B-0 a que

pertenece la sangre y, posteriormente, si es factor Rh positivo o negativo. La inclusión en cualquiera de los grupos establecidos está determinada por la presencia o ausencia de particulares antígenos en los glóbulos rojos.

**Reacciones a la transfusión** Toda transfusión de sangre se realiza por vía intravenosa, utilizando, como es lógico, instrumentos esterilizados. Este tipo de operaciones debe efectuarse siempre bajo rígidos controles, tanto desde el punto de vista técnico, para que todo funcione correctamente, como desde el punto de vista médico, para prevenir posibles reacciones del paciente a la sangre del donante.

Puede ocurrir, sin embargo, que durante la transfusión el paciente experimente alguna reacción, más o menos grave, debida a una serie de posibles causas que van desde la alergia y la sensibilización a los glóbulos blancos a la incompatibilidad de los glóbulos rojos. Otras causas de reacción pueden ser: sangre contaminada, presencia de partículas de aire, exceso de sangre transfundida y sensibilización al plasma o a las plaquetas. Sea como fuere, las transfusiones sanguíneas se encuentran entre las prácticas médicas más seguras, debido a los sofisticados sistemas de verificación de las distintas fases de la donación, recogida, control, tipificación, conservación y distribución de la sangre.

Véase **Organos, banco de; Presión arterial; Sangre y grupos sanguíneos**



# Indice

## Volumen XIII

- Sol, 2910
- Soldadura, 2914
- Sonar, 2918
- Sonda espacial, 2920
- Sonido, 2924
- Sonora, banda, 2928
- Stegosaurus, 2930
- Submarinismo, 2932
- Submarino, 2934
- Subnormalidad, 2938
- Suelo, 2940
- Superconductor, 2944
- Superfluido, 2946
- Tabaco, 2948
- Tabla periódica de elementos, 2950
- Tacto, 2954
- Taladro y perforadora, 2956
- Talla en madera, 2958
- Taller mecánico, 2960
- Tarjeta de crédito, 2964
- Tarjeta perforada, 2966
- Taxidermia, 2968
- Taxímetro, 2970
- Té, 2972
- Tecnología orbital, 2974
- Tectónica, 2976
- Tejidos, 2982
- Tejidos, fabricación de, 2984
- Tejidos biológicos, 2986
- Telar, 2988
- Telar de Jacquard, 2990
- Telecomunicaciones militares, 2992
- Teledetección, 2994
- Teléfono, 2998
- Telégrafo, 3002
- Telemática, 3004
- Telescopio y radiotelescopio, 3008
- Telescopio para aficionados, 3010
- Teletipo, 3012
- Televisión, 3014
- Télex, 3018
- Temperatura y escalas termométricas, 3020
- Tensión superficial, 3022
- Teoría cuántica de la luz, 3024
- Teoría de juegos, 3028
- Teoría de la decisión, 3030
- Teoría de números, 3032
- Teoría de semejanza física, 3034
- Teratógenos, agentes, 3036
- Termo, 3038
- Termodinámica, 3040
- Termoelectricidad, 3044
- Termografía, 3046
- Termómetro, 3048
- Termorregulación biológica, 3050
- Termostato, 3052
- Terpeno, 3054
- Terremoto, 3056
- Tests psicológicos, 3060
- Testosterona, 3062
- Tétanos, 3064
- Tiburón, 3066
- Tiempo, 3068
- Tiempo astronómico, 3070
- Tiempo atmosférico, 3072
- Tierra, 3074
- Tifoideas, fiebres, 3080
- Timón, 3082
- Tinta, 3084
- Tiranosauro, 3086
- Tiroides, 3088
- Titanio, 3090
- Titulación química, 3092
- Tocabiscos, 3094
- Tolueno y xileno, 3096
- Toma de tierra, 3098
- Tomografía axial computadorizada (TAC), 3100
- Topografía, 3102
- Topología, 3104
- Torio, 3108
- Tormenta, 3110
- Tornado, 3112
- Tornillos y roscas, 3114
- Torno, 3116
- Torpedo y otras armas subacuáticas, 3118
- Tostador de pan, 3120
- Toxicología, 3122
- Tox infecciones alimentarias, 3126
- Tractor, 3128
- Tráfico, control del, 3130
- Tráfico aéreo, control del, 3132
- Trampas, 3134
- Transbordador, 3138
- Transbordador espacial, 3140
- Transductor, 3144
- Transfer, máquina, 3146
- Transformador, 3148
- Transfusión sanguínea, 3150











